

INRA
Alimentation
Agriculture
Environnement
N°16 - MARS 2011
magazine
DOSSIER
Santé des plantes et des animaux
comprendre, analyser, innover
RECHERCHES
Favoriser la nutrition minérale des plantes
REPORTAGE
L'Inra fait salon !
HORIZONS
Investir dans la recherche et l'innovation

sommaire

Chers lecteurs,

Du 19 au 27 février s'est tenue la 48e édition du Salon international de l'agriculture à Paris, avec toujours autant de succès. Ce numéro d'Inra magazine fait la part belle à cet évènement, le plus important pour l'Inra en termes d'affluence et de représentation des chercheurs. Rares sont en effet les opportunités de mêler un échantillon aussi large de la société. Le thème du stand Inra était cette année la santé des plantes et des animaux, l'occasion d'illustrer à nouveau la transversalité de nos recherches. Les quelque cent chercheurs, ingénieurs et techniciens qui se sont succédé pour accueillir le public ont présenté des exemples concrets de leurs travaux, allant des pathogènes du blé aux virus animaux et aux maladies à tiques. Nous vous proposons dans ce numéro un reportage en direct de cette manifestation à fort enjeu de communication.

Egalement consacré au thème du SIA, le dossier central est celui-là même qui a été distribué au public sur le stand. Il met en relief les points communs entre la santé animale et végétale. Les végétaux comme les animaux font face aux mêmes types de pathogènes et leurs manières de se défendre présentent plus d'analogies que l'on ne croit. Les recherches développées par l'Inra pour sécuriser les productions animales et végétales s'inscrivent également dans une logique commune : une approche intégrée associant plusieurs méthodes de lutte, curatives, mais surtout préventives.

La rédaction



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07
www.inra.fr

Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial** : Jean-François Launay. **Directeur de la rédaction** : Antoine Besse. **Rédactrice en chef** : Pascale Mollier. **Rédaction** : Géraud Chabriat, Magali Sarazin, Brigitte Cauvin, Odile Bernard. **Photothèque** : Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Couverture** : Photo : Christophe Maître. **Maquette** : Patricia Perrot. **Conception initiale** : Citizen Press - www.citizen-press.fr. **Impression** : Imprimerie CARACTERE. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement. **Dépôt légal** : mars 2011.

Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr



PEFC

ISSN : 1958-3923



MESR/SG - Depcom/ P. Devernay

PRÉSENTATION DU LANCEMENT des Investissements d'avenir. Mardi 1er juin 2010.

Investir dans la recherche et l'innovation

Les Investissements d'avenir modèlent la recherche française pour la décennie à venir. Les projets portés par l'Inra s'y trouvent bien représentés.

Vingt-deux milliards d'euros : les secteurs de la recherche, de l'enseignement supérieur et de l'innovation se taillent la part du lion sur les 35 milliards des investissements lancés en 2010. L'objectif affiché de ces Investissements d'avenir (IA) : doper la recherche française en la dotant d'infrastructures d'envergure internationale et de laboratoires modernisés aptes à soutenir la concurrence mondiale et à créer de l'innovation. L'Inra a postulé dans de très nombreuses catégories. Paul Colonna, Délégué « Investissement d'avenir » à l'Inra, explique : « *L'Inra s'inscrit totalement dans ces investissements d'avenir dont les thématiques puisent largement dans la stratégie nationale de recherche et d'innovation et dont les finalités -transversalité, ouverture à l'international- rencontrent celles de nos orientations 2010-2020. L'Institut s'est concentré sur quelques axes (biotechnologies blanches, biotechnologies vertes, alimentation-nutrition, environnement) pour répondre aux appels à projets* ».

Labex, Equipex et Idex

Ces crédits vont stimuler certains pans de la recherche française. Il y a des dotations de fonctionnement comme le financement d'un milliard d'euros d'équipements mi-lourds de laboratoires (Equipex) ou de laboratoires d'excellence (Labex) afin de faciliter l'accueil de chercheurs internationaux. « *Cela va nous aider à nous équiper et va donner au pôle recherche une assise européenne forte* » explique Jean-Michel Carnus, directeur de l'unité Forêt-Bois Aquitaine, coordinateur du projet Xyloforest et lauréat dans la partie Equipex (cf. encadré). Il y a surtout des crédits pour faire naître de nouvelles dynamiques de recherche et d'innovation.

Entre les 7,7 milliards d'euros (non consomptibles (1)) pour les projets d'initiatives d'excellence (Idex), le 1,3 milliard pour l'Opération Campus et le milliard pour Saclay, ce sont 10 milliards d'euros d'investissements afin d'apporter une dimension internationale aux pôles régionaux de recherche et de leur permettre de rivaliser avec les campus mondiaux les plus prestigieux. Les projets labellisés Idex, par exemple, devront réunir sur un site ou une grande région, écoles doctorales, équipes de recherche, universités, grandes écoles et partenariats avec le secteur privé. L'Inra est présent dans neuf des dix-sept candidatures présentées avec les universités de Bordeaux, de Dijon, du Grand Ouest, de Lorraine, de Lyon, de Marseille, de Montpellier, et de

Toulouse et le pôle de Saclay. « *Si le projet de Toulouse-Idex est retenu, nous toucherons 40 millions par an sur dix ans,* explique Gilbert Casamatta, Président du PRES (2) Université de Toulouse, *cela peut paraître faible mais c'est de l'argent qui sera utilisé uniquement pour la recherche, l'attractivité internationale et l'innovation et qui va donc encourager la transversalité des recherches. Il y aura un dispositif spécifique de gestion* via *une fondation de coopération scientifique* ». Les résultats seront donnés au début de l'été 2011... Un tournant pour l'avenir de la recherche.

(1) Une dotation consomptible représente une somme d'argent que les bénéficiaires peuvent dépenser en totalité. Certains investissements en revanche sont déclarés non consomptibles (comme dans les Idex par exemple). Cela signifie qu'un capital est alloué aux bénéficiaires mais que ceux-ci ne peuvent dépenser que les revenus de ce capital placé en bourse. L'Etat garantit un rendement de 3,4% sur les dotations non consomptibles.

(2) Pôle de recherche et d'enseignement supérieur.

SACLAY, L'ÉMERGENCE D'UN CAMPUS D'EXCELLENCE


Fabrice Marty


Loïc Lepiniec

Un milliard d'euros est annoncé dans ces investissements pour le Plateau de Saclay. Fabrice Marty, qui fait partie de la Fondation Saclay, et Loïc Lepiniec, chercheur à l'Inra, nous expliquent les enjeux de ces investissements.

A quoi va servir en priorité l'argent des Investissements d'avenir destiné au campus de Saclay ?

Fabrice Marty : Deux sources de financement sont dédiées au Campus Paris Saclay : un milliard d'euros consomptible réservé à Saclay et 850 millions d'euros non consomptibles à partager avec le campus de Condorcet dans le cadre de l'Opération Campus. Ces budgets peuvent être utilisés pour l'implantation de nouveaux établissements ou d'unités de formation (comme AgroParisTech ou l'Ecole Centrale Paris), pour des opérations mutualisées nécessaires à la qualité de vie sur le Plateau (halles technologiques, installations sportives...), pour des projets thématiques (comme Nano-INNOV pour l'intégration des nanotechnologies...) ou pour une partie de l'aménagement (viabilisation, gestion paysagère...).

Comment s'articulent les différentes sources de financement ? Comment les divers partenaires se coordonnent-ils ?

Loïc Lepiniec : La question de la coordination de ces financements avec la stratégie des organismes nationaux comme l'Inra n'est pas nouvelle. En effet, les financements contractuels et/ou régionaux contribuent pour une part importante et croissante au fonctionnement des laboratoires. A l'Inra, la cohérence du dispositif est assurée au niveau régional par les présidents de centre et les délégués régionaux, et au niveau national par les départements de recherche et leurs responsables. De plus, en ce qui concerne plus spécifiquement les « Investissements d'avenir », toutes les tutelles se sont directement impliquées dans la construction des projets ou les ont au moins validés. En cas de sélection, elles se sont engagées à maintenir leur soutien pour les années à venir.

F. M. : Chaque type de projet a ses sources de financement et sa propre régulation. Les Labex ont ainsi leurs propres instances de coordination et d'arbitrage. Concernant la coordination entre les différents partenaires, une gouvernance plus transversale vient d'être créée : c'est la fondation de coopération scientifique « Campus Paris Saclay ». Celle-ci bénéficie d'un conseil d'administration resserré, composé de représentants des fondateurs, en capacité de prendre des décisions à la majorité. L'Inra et AgroParisTech participent à ce CA et ont été choisis comme représentants respectivement des collèges Recherche et Enseignement supérieur.

Quelle va être l'influence du campus de Saclay à l'échelle locale ? Nationale ? Internationale ?

L. L. : D'une façon très générale, on peut attendre d'un tel campus qu'il contribue à la formation d'un écosystème propice au développement de la connaissance. Cette connaissance est à la fois le socle de nos formations supérieures, une source cruciale d'innovation, et un enjeu fondamental pour l'évolution et le bien-être de nos sociétés.

F. M. : Le Campus Paris Saclay doit affirmer sa place de creuset, de lieu de décompartimentation entre dispositifs de recherche publics ou privés, entre dispositifs de formation, et entre disciplines. Nous serons ainsi plus attractifs pour les jeunes étudiants, et pour les chercheurs juniors et seniors mondiaux. Le Campus Paris Saclay constitue enfin un vivier extraordinaire et inégalé en France de recrutement des futurs chercheurs des organismes de recherche. Ensemble et proches, nous sommes plus forts que seuls et distants.

Et pour la recherche à l'Inra ?

F. M. : AgroParisTech et l'Inra ont su affirmer leur place éminente dans ce tout premier campus européen qui, à terme, devrait se positionner dans les premiers mondiaux. Au sein du campus, l'Inra se voit offrir de nouvelles facilités pour développer des liens avec le monde universitaire, avec de nouvelles technologies ou avec des disciplines d'interface avec la biologie (la modélisation par exemple). Le Campus Paris Saclay possède des outils lourds et spécifiques (le synchrotron Soleil par exemple) qui bénéficieront au secteur de la biologie.

L. L. : Pour les projets sur une thématique donnée (comme par exemple l'agroécologie) impliquant l'Inra ou AgroParisTech, l'influence est triple. Le campus va aider au montage de quelques grands projets transdisciplinaires depuis la recherche la plus fondamentale jusqu'à l'innovation. Il va faciliter le développement de nouvelles thématiques et de jeunes équipes. Et, enfin, il va rationaliser le dispositif d'enseignement et de recherche en proposant des stratégies de recherche concertées et des formations communes et, si possible, internationales.


© Inra / Christophe Maître

DEUX « LAURÉATS », Alain Charcosset au micro et Catherine Feuillet, à sa droite, entourés de Valérie Pécresse, Bruno Le Maire à gauche, et de Michel Griffon de l'ANR et Marion Guillou à droite, le 23 février 2011 au salon de l'agriculture.

ET LES LAURÉATS SONT…

Plusieurs projets Inra ont déjà obtenu un soutien au titre des Investissements d'avenir. Les autres projets retenus vont être dévoilés tout au long de l'année. Soulignons que la plupart des projets associent un panel de compétences dont la répartition géographique dépasse largement le site principal.

Catégorie Biotechnologies & Bioressources

■ **Breedwheat** : 9 millions d'euros sur neuf ans.
Coordonné au plan national par Catherine Feuillet du centre Inra de Clermont-Ferrand, ce projet a pour ambition de soutenir la compétitivité de la filière de sélection et de production du blé en France et de répondre aux enjeux de société pour une production durable et de qualité. L'ensemble du projet représente un investissement des partenaires de plus de 30 millions d'euros.

■ **Amaizing** : 9 millions d'euros sur huit ans.
Coordonné par Alain Charcosset du centre Inra de Versailles, ce projet va permettre de sélectionner de nouvelles variétés de maïs moins exigeantes en eau et en engrais avec un rendement soutenu. Il répond à l'objectif d'une agriculture respectueuse de l'environnement et au défi du changement climatique.
L'ensemble du projet représente un investissement des partenaires de plus de 30 millions d'euros.

■ **Synthacs** : 3,5 millions d'euros sur cinq ans.
Coordonné par Jean-Marie François du centre Inra de Toulouse, ce programme cherche à développer des molécules chimiques à partir de la biomasse, en alternative aux produits pétroliers.

■ **Biorare** : 2,2 millions d'euros sur cinq ans.
Ce programme développe des solutions innovantes pour accélérer la valorisation des déchets organiques en énergie renouvelable. Il est porté par le Cemagref en partenariat avec le laboratoire de biotechnologie de l'environnement à l'Inra de Narbonne.

Catégorie Equipements d'excellence

■ **Aster** : 3,7 millions d'euros.
Coordonné par l'UMR Cerege de l'Université Paul Cézanne en partenariat avec l'unité géochimie des sols et des eaux du centre Inra Paca, ce projet vise à étudier les échanges naturels et anthropiques de CO_2 entre l'atmosphère, l'océan, la végétation et les sols afin de mieux modéliser le climat actuel.

■ **Xyloforest** : 10,2 millions d'euros.
Dans le contexte d'une optimisation de l'exploitation des forêts françaises, ce projet vise à doter les laboratoires de recherche d'équipements de haut niveau dans les secteurs des biotechnologies et des matériaux appliqués au secteur de la forêt cultivée et du bois. Il est coordonné par Jean-Michel Carnus (Inra Bordeaux).

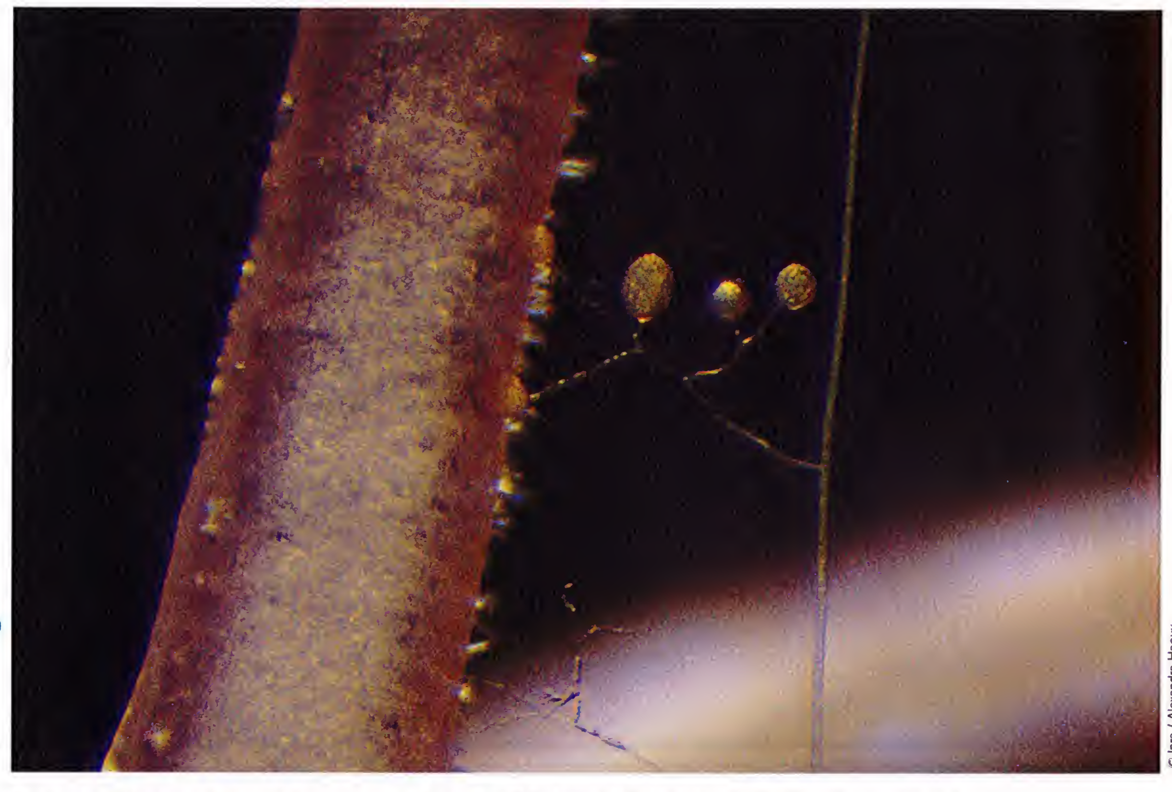
Catégorie Démonstrateurs

■ **Toulouse White Biotechnologies (TWB)** : 20 millions d'euros.
Porté par Pierre Monsan, TWB est un centre de recherches technologiques au service de l'industrie française. Il est focalisé sur la conception et la mise au point de matériel biologique destiné aux biotechnologies industrielles. Abondé par un soutien de 20 millions d'euros, TWB est créé par un Consortium, constitué des institutions publiques (Inra, Insa, collectivités locales) et des entreprises privées du secteur.

Catégorie Infrastructures nationales en biologie et santé

■ **France Génomique** : 60 millions d'euros.
Ce projet porté par le CEA en partenariat avec l'Inserm, le CNRS et l'Inra vise à augmenter les capacités françaises d'analyse du génome et du traitement de l'information obtenue.

Favoriser la nutrition minérale des plantes



LE MYCÉLIUM DU CHAMPIGNON pénètre dans les cellules des racines de *Médicago truncatula*, une luzerne.

Des chercheurs de l'Inra, du CNRS et de l'Université Paul Sabatier de Toulouse, ont identifié des facteurs nécessaires à la mise en place des symbioses entre les plantes et des champignons du sol. Ces symbioses assurent à la plante une nourriture optimale en eau et en sels minéraux. L'application potentielle de cette découverte : limiter l'apport d'engrais en grandes cultures.

Les plantes ne vivent pas seules. Pour optimiser leur nutrition en eau, phosphate et sels minéraux, la plupart d'entre elles s'associent avec des champignons qui leur assurent une prospection efficace du sol pour puiser l'eau et les minéraux. En échange, la plante fournit à ses partenaires de l'énergie et des composés carbonés issus de la photosynthèse. Les chercheurs toulousains viennent d'isoler les facteurs émis par les champignons, appelés Myc, qui déclenchent la mise en place de ces symbioses. Pour cela, ils se sont appuyés sur leur connaissance d'un autre type de symbiose, associant légumineuses et bactéries fixatrices d'azote (1), dont ils ont isolé les facteurs clés il y a une vingtaine d'années.

Faciliter les symbioses

L'isolement des facteurs Myc ouvre la voie vers des applications agronomiques intéressantes. Ils pourraient en effet être utilisés pour stimuler la formation des symbioses chez les plantes cultivées, optimisant ainsi leur nutrition minérale et permettant de réduire l'usage des engrais chimiques. Ces engrais (azote, phosphore, potasse) sont coûteux à produire et à transporter et peuvent être sources de pollution des eaux de surface et des nappes phréatiques. De plus, les facteurs Myc sont susceptibles d'agir sur de nombreuses plantes cultivées, dont les céréales, car la symbiose avec les champignons existe chez une majorité de plantes. Alors que la symbiose avec les bactéries fixatrices d'azote, pour intéressante qu'elle soit (elle permet de se passer de la fertilisation azotée qui représente environ 50% du coût énergétique des cultures) ne concerne que les plantes de la famille des légumineuses comme le pois, la luzerne ou le soja.

Pascale Mollier

» 3 QUESTIONS À...


© Inra / Gilles Cattiau

Jean Dénarié

DIRECTEUR DE RECHERCHE ÉMÉRITE À L'INRA DE TOULOUSE (2)

Quelle est votre découverte récente ?
Nous venons de caractériser des « facteurs Myc » qui sont des signaux symbiotiques synthétisés par des champignons endomycorhiziens. Ce sont des lipochito-oligosaccharides (LCOs), comme les facteurs Nod, signaux symbiotiques majeurs des bactéries fixatrices d'azote. Les facteurs Myc ont deux types d'effets en laboratoire. D'une part, ils stimulent la formation de la symbiose entre la plante et le champignon. D'autre part, ils agissent comme des régulateurs de croissance, en l'absence du champignon, et favorisent la formation de racines latérales. Il faut maintenant voir si de tels effets pourraient être également observés en serre et en champ sur des plantes de grande culture, notamment les céréales. Les résultats obtenus précédemment avec les facteurs Nod sont encourageants. En effet, les inoculants de Rhizobium enrichis avec ces facteurs sont déjà utilisés pour le traitement des légumineuses sur plus de trois millions d'hectares pour le soja, la luzerne, et le pois aux USA, en Amérique du Sud et en Europe.

LES FACTEURS MYC (à gauche) et Nod (à droite) se ressemblent
Ac = acétate, Cb = carbamate, Ara = arabinose, Fuc = fucose, Man = mannose, SO3H = sulfate

Comment avez-vous procédé ?
Nous avons traqué les facteurs Myc pendant quatre ans, en nous servant des méthodes que nous avions mises au point précédemment avec les facteurs Nod. Plusieurs équipes avaient montré qu'il existe des mécanismes communs dans la signalisation induisant les deux types de symbioses et nous avons fait l'hypothèse que les bactéries avaient « copié » le système de signalisation plus ancien des champignons. Un premier indice était apparu lorsque nous avons découvert la nature chimique des facteurs Nod. Ils contiennent de la chitine, composé caractéristique des champignons et non des bactéries. Nous avons donc fait l'hypothèse d'un lien évolutif entre les deux types de symbioses et pour identifier les facteurs Myc, nous avons appliqué les mêmes techniques de purification que pour les facteurs Nod, car nous supposions qu'ils appartenaient à la même famille chimique.

Quels sont vos projets ?
La découverte de ces signaux Myc ouvre de très nombreuses perspectives pour l'analyse des mécanismes moléculaires et cellulaires impliqués dans la mise en place des endomycorhizes. Existe-t-il d'autres facteurs Myc chez d'autres champignons endomycorhiziens ? Les facteurs Myc identifiés sont un mélange de molécules sulfatées ou non : quels sont les liens entre la structure des facteurs Myc et leur spécificité d'hôte ? Les mêmes molécules sont-elles actives sur les dicotylédones (tournesol, tomate, pomme de terre) et les monocotylédones (céréales) ? Dans le cas des légumineuses qui possèdent les deux types de symbioses, comment les plantes-hôtes distinguent-elles les signaux Nod et Myc malgré leurs similarités structurales ? Par quels mécanismes, ces signaux symbiotiques peuvent-ils modifier le développement racinaire des plantes-hôtes ? Il y a du pain sur la planche !

Anatomie des symbioses

C'est au niveau de ses racines que la plante interagit avec ses partenaires, bactéries fixatrices d'azote ou champignons endomycorhiziens. Les légumineuses développent des « nodosités », excroissances racinaires, dans lesquelles s'installent les bactéries fixatrices d'azote. L'association avec les champignons endomycorhiziens se fait au niveau des racines secondaires les plus fines, dans lesquelles s'insinuent les filaments mycéliens du champignon, en une structure mixte appelée endomycorhize. Le réseau racinaire se trouve ainsi prolongé par le chevelu mycélien qui permet à la plante une exploration plus large et plus efficace du sol pour trouver de l'eau et des sels minéraux. Les champignons endomycorhiziens appartiennent tous à l'ordre des Glomales, un groupe fongique très ancien.

(1) Ces bactéries transforment l'azote sous forme atmosphérique (N_2) dissout dans le sol en ammoniac (NH_3) assimilable par les plantes.
(2) Laboratoire des Interactions Plantes-Microorganismes, UMR Inra/CNRS. Collaborations : CNRS, Université Paul Sabatier de Toulouse.

+d'infos
» **référence :**
Fabienne Maillet *et al.* 2011. Fungal lipochitooligosaccharide symbiotic signals in arbuscular mycorrhiza. *Nature* Jan 6; 469(7328):58-63.
» **contact :** Jean.Denarie@toulouse.inra.fr

Améliorer la relation homme-animal



CHAROLAIS à la pesée.

Un programme de formation multimédia intitulé « Quality Handling », élaboré par l'Inra et ses partenaires, vise à aider les éleveurs à construire des relations apaisées, pour qu'ils puissent travailler en meilleure sécurité et avec moins de stress pour le bétail.

« Quality Handling » est un programme de formation multimédia qui vient en soutien à une formation dite « participative » et en petits groupes. Il se réfère à une approche cognitive et comportementale ciblant les représentations qu'ont les éleveurs de leurs animaux, ainsi que leurs habitudes de travail. Le kit de formation se présente sous la forme d'un DVD comprenant le programme informatique lui-même, des vidéos d'exemples traités, des manuels de formation pour le stagiaire et pour l'encadrant, des éléments de rappel sous forme d'affiches quand l'éleveur sera sur sa ferme.

La peur de l'homme, éprouvée par les animaux de ferme, diffère d'un élevage à l'autre en partie à cause du comportement des éleveurs. Elle peut diminuer la productivité de l'élevage et rendre la conduite des troupeaux plus pénible. La méthode proposée cherche à construire une relation homme-animal plus satisfaisante et durable, en incitant l'éleveur à abandonner des pratiques, des postures, ou plus généralement des actions qui augmentent le niveau de stress des animaux. Par exemple, elle amène l'éleveur à prendre conscience qu'il existe, dans ses comportements, des gestes positifs (caresses, parler doux...) et d'autres situés dans le registre négatif (déplacement brusque, cris...). La formation aide à mieux contrôler ces derniers, même s'ils doivent être utilisés de temps en temps. Elle permet aussi de découvrir les moments favorables, dans la vie de l'animal, au meilleur développement de sa relation à l'homme. L'objectif est de construire une relation dans laquelle l'animal est moins craintif, avec des réactions plus mesurées ; ainsi la sérénité du travail de l'éleveur s'en trouve renforcée. Les connaissances enseignées reposent sur plusieurs dizaines d'années d'expérimentation et de pratique en éthologie des animaux de ferme. Elles s'appuient sur les particularités biologiques des différentes espèces (vision, audition, toucher, odorat...), sur la perception de leur environnement et des contraintes imposées par l'homme, et sur les types de réactions générées en retour.

Le DVD a été élaboré dans le cadre du projet européen Welfare Quality®, par l'Inra (Clermont-Ferrand Theix), l'Institut de l'Elevage, l'Université Vétérinaire de Vienne (Autriche), l'Université de Wageningen (Pays-Bas), et l'Université de Monach (Australie). Il est aujourd'hui accessible pour l'élevage bovin en français, anglais et allemand, et pour l'élevage porcin et avicole (poules pondeuses) en anglais et néerlandais. Ce programme pourrait être élargi à d'autres espèces, développé dans les filières professionnelles et dans l'enseignement agricole des pays initiateurs puis, après traductions, dans d'autres pays. ●

Brigitte Cauvin et Odile Bernard

+d'infos

référence :

Windschnurer I., Boivin X., Waiblinger S., 2009. Reliability of an avoidance distance test for the assessment of animals responsiveness to humans and a preliminary investigation of its association with farmers' attitudes on bull fattening farms. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 117, 117-127.

contact :

xavier.boivin@clermont.inra.fr



La dépression liée à un manque d'oméga-3

Une carence en oméga-3 perturbe les transmissions nerveuses du cerveau, en particulier dans les structures qui contrôlent le comportement émotionnel, expliquant l'apparition de dépressions.

« *Nos résultats établissent un lien direct entre la carence en oméga-3 et les comportements dépressifs alors que de nombreuses études épidémiologiques ne montraient jusqu'ici qu'une corrélation* » explique Sophie Layé, directrice du laboratoire Inra Nutrition et neurobiologie intégrée (1) et auteur de ce travail (2).

Sophie Layé et ses partenaires ont étudié des souris ayant reçu tout au long de leur vie une alimentation carencée en oméga-3 et riche en oméga-6, les deux étant indissociablement liés (voir encadré). Ces souris sont devenues asociales et anxieuses. D'autre part, les chercheurs ont démontré que ces animaux présentent une perturbation des récepteurs des endocannabinoïdes situés dans les régions du cerveau qui gouvernent la douleur, l'apprentissage, la prise alimentaire et les comportements émotionnels. Or, l'action des endocannabinoïdes est nécessaire au bon fonctionnement des connexions nerveuses. Ces molécules joueraient en effet un rôle « d'interrupteurs » qui empêcherait un influx nerveux continu. La perturbation de leurs récepteurs se traduit par un dysfonctionnement neuronal, expliquant les symptômes des souris. Les chercheurs avancent l'hypothèse que ces récepteurs se positionneraient mal au cours du développement en cas de carence en oméga-3.

Les résultats obtenus chez la souris sont transposables à l'homme. En effet, les zones du cerveau étudiées ici chez la souris coïncident avec les régions du cerveau humain qui sont impliquées dans les comportements dépressifs.

« *Nous cherchons à présent à savoir si ce phénomène est réversible grâce à une alimentation équilibrée*, conclut Sophie Layé. *Nous voulons également connaître l'impact des oméga-3 aux périodes critiques de la vie : pendant le développement* in utero *(quand le cerveau est en formation), à l'adolescence (quand le cortex préfrontal continue à se développer) et pendant la vieillesse* ».

Actuellement, le rapport omega-6/omega -3 est égal à 12 dans la population française alors que sa valeur conseillée est de 5. La tendance va cependant dans le bon sens comme l'ont montré récemment des chercheurs de l'Inra de Jouy-en-Josas (6). ●

Magali Sarazin

Les oméga-3 sont des acides gras (3) nécessaires à l'organisme (4) qui ne peut les synthétiser, ils doivent donc être apportés par le régime alimentaire. On les trouve seulement dans certains aliments comme les poissons gras (saumon, truite, sardine, maquereau), l'huile de lin, l'huile de colza, les noix. Or, les régimes alimentaires des pays développés ont évolué depuis plusieurs décennies vers un appauvrissement en oméga-3 au profit des oméga-6. Ceux-ci sont présents dans la plupart des huiles végétales (5), comme l'huile de palme, utilisée dans quasiment toutes les préparations culinaires. Un excès d'oméga-6 empêche l'organisme d'exploiter de façon optimale ses sources d'oméga-3.

(1) Ecole nationale supérieure de chimie, biologie et physique de l'Institut polytechnique de Bordeaux ; Inra ; Université Bordeaux 1 ; Université Bordeaux 2.
(2) Ainsi que des chercheurs de l'Inserm et de l'Université du Pays Basque en Espagne.
(3) Molécule formée d'une chaîne de carbones liés à des hydrogènes.
(4) Les oméga-3 ont des effets favorables sur la composition des membranes cellulaires ainsi que sur de nombreux processus biochimiques de l'organisme.
(5) On en trouve également dans les graines, les céréales, les œufs, certaines viandes, les graisses animales.
(6) Voir Inra Magazine n° 12, pages 8-9.

+d'infos

référence :
Nutritional omega-3 deficiency abolishes endocannabinoid-mediated neuronal functions, *Nature Neuroscience*, Vol. 14, p. 345–350, published on line 30 January 2011.

contact :
Sophie.Laye@bordeaux.inra.fr, directrice de l'unité NutrINeurO

Elevage
comment résister aux aléas ?


© Inra / Marc Benoît

L'élevage est un secteur où les aléas climatiques ou économiques peuvent avoir de lourdes conséquences sur le résultat des exploitations. Au centre Inra de Clermont-Theix, l'unité de recherche sur les herbivores (URH) modélise le fonctionnement de différents systèmes d'élevage pour estimer l'impact des chocs éventuels et évaluer l'intérêt de systèmes innovants.

Sécheresse, explosion du prix des matières premières ou de l'énergie, crises sanitaires... L'activité d'élevage, fragilisée par les prix bas du lait et de la viande, est très exposée aux divers aléas qui peuvent la toucher. En plus des progrès techniques, de l'organisation des filières ou des mesures d'aides publiques, l'adaptation des stratégies de production apparaît comme un moyen complémentaire de rendre les résultats des exploitations plus stables face aux risques.

Quel compromis trouver entre un niveau de production plus rémunérateur et l'incertitude due aux charges afférentes ? Comment gérer l'alimentation du bétail en fourrage face au risque climatique ou à la volatilité du prix des céréales ? Pour répondre à ce type de questions, les chercheurs de l'URH ont travaillé sur un niveau d'approche particulièrement complexe à modéliser, celui de la ferme d'élevage (voir encadré). Deux études récentes viennent illustrer l'apport de cette démarche.

Dans le cas d'un élevage de bovins allaitants, les chercheurs de l'URH ont voulu évaluer la sensibilité des résultats économiques aux aléas climatiques et observer quelles décisions de production pourraient les optimiser. Ce type d'exploitation possède le plus souvent des productions végétales qui constituent la principale ressource alimentaire du troupeau. Une chute brutale de leurs rendements peut entraîner une pénurie alimentaire pour les animaux. Or, ces cultures sont rarement irriguées et sont donc exposées aux risques de sécheresse.

Ajustements tactiques

Dans pareils cas, les éleveurs ont plusieurs possibilités pour limiter leurs pertes. Ils peuvent réduire la taille du troupeau (ventes précoces) ou restreindre temporairement la ration des animaux. Autre solution, modifier l'offre alimentaire en gérant les surfaces fourragères ou en adaptant les achats et ventes d'aliments (fourrages, concentrés). La complexité des interactions mises en jeu dans ces processus d'ajustements n'a pas effrayé les modélisateurs. Claire Mosnier, chercheuse de l'équipe « économie et gestion de l'exploitation d'élevage » (EGEE) à l'URH, en témoigne « *Notre modèle est le premier à prendre simultanément*

Des fermes modélisées

Les modèles qui simulent le fonctionnement global d'une ferme placée sous diverses contraintes sont dits « bioéconomiques ». Ils décrivent à la fois le comportement économique des éleveurs (achat et vente d'aliments, vente d'animaux...) et les composantes techniques des exploitations (reproduction et alimentation des animaux, production des prairies, des cultures...). Véritables carrefours de la connaissance, ils mettent en cohérence les nombreuses données issues des différentes approches de recherche : expérimentations analytiques sur un point technique précis, expérimentations « systèmes » et observations sur le long terme de réseaux d'élevage. Ces fermes « in silico » sont donc fortement ancrées dans le réel afin d'explorer au mieux le champ des possibles. En retour, les modèles nourrissent les expérimentations en permettant d'identifier des points critiques, de pré-valider des hypothèses ou d'aider à construire des protocoles de recherche. Autre aspect important, ils peuvent servir aux exercices prospectifs en simulant les impacts d'une évolution de la conjoncture ou des mesures de politique agricole.

en compte les décisions tactiques concernant la taille et la composition du troupeau, la composition et le niveau énergétique des rations mais aussi la gestion des stocks de végétaux, les quantités fauchées et l'assolement ». De quoi s'approcher de la réalité. C'est ce qu'ont pu vérifier les chercheurs en constatant la bonne corrélation de leurs simulations avec les observations réalisées sur 25 exploitations entre 2000 et 2006.
Forts de ce succès, ils ont ensuite introduit un aléa climatique dans leur modèle en faisant varier les rendements des productions végétales de plus à moins 60 %. Les ajustements qui conduisent aux meilleurs profits ont été calculés dans chaque cas pour un même contexte de prix et d'aides de la PAC. Pour des baisses de rendements de moins 30 %, les éleveurs ont intérêt à conserver le niveau de production tout en jouant sur l'offre alimentaire. Des ventes forcées de jeunes génisses sont en revanche nécessaires dans les cas plus sévères.
Autre enseignement, les pertes dues à un aléa climatique se répercutent plusieurs années durant et ne sont pas compensées par les gains des bonnes années. En augmentant la fréquence des événements extrêmes, le changement climatique pourrait donc fragiliser les exploitations au point de provoquer des faillites. Toutefois, la constitution de stocks de sécurité, non prise en compte ici, atténuerait cet effet. Les chercheurs pensent introduire un module de probabilité d'occurrence des chocs climatiques afin d'évaluer ce risque. Ils fourmillent d'autres idées : par exemple, des indicateurs environnementaux (CO_2, méthane, biodiversité, consommation d'énergie) pourraient être couplés au modèle. Cela permettrait d'alimenter également le programme européen Animal Change (1) destiné à concevoir les systèmes d'élevages durables du futur.

Extension du domaine de la lutte

Dans un autre projet de modélisation, les chercheurs de l'URH se sont intéressés à un élevage ovin allaitant biologique en système innovant. Le but était de valider l'hypothèse selon laquelle une segmentation des périodes de reproduction pourrait sécuriser les exploitations face à des aléas sur le prix de la viande ou sur les composantes de la productivité numérique du troupeau (2), éléments clés de la rentabilité.
L'élevage biologique est en effet soumis à un cahier des charges qui restreint les moyens d'agir sur le milieu (fertilisation chimique, antibiotiques, traitements hormonaux...). Il est donc plus exposé que l'élevage conventionnel aux incertitudes techniques, économiques ou sanitaires. Par ailleurs, ces éleveurs limitent souvent leurs charges en faisant coïncider les périodes de forts besoins alimentaires du troupeau avec le cycle de l'herbe. Cette pratique a pour effet de limiter les périodes d'accouplements entre brebis et béliers, joliment appelées sessions de lutte, à une ou deux par an. Les ventes de carcasses se font donc également sur une durée limitée. Ceci est peu compatible avec les besoins de la filière et rend les profits plus sensibles aux fluctuations de prix. Les chercheurs ont simulé deux systèmes comportant soit deux soit quatre sessions de lutte par an et ont ensuite introduit des variations de prix, de fertilité, de prolificité ou de mortalité. Pour ce faire, Marc Benoît, responsable de l'équipe EGEE, dispose du modèle OSTRAL (voir référence : Benoît M., 1998) qu'il a développé dès 1990 et qui a été sans cesse complété et amélioré depuis. Des observations réalisées pendant huit ans sur un troupeau expérimental biologique de l'URH a permis de paramétrer les données d'entrées pour ce cas précis. Comme prévu, les chercheurs ont noté une moindre sensibilité du système à quatre sessions pour certains aléas. Le troupeau y étant scindé en plusieurs lots, un choc ponctuel touche une moindre proportion d'animaux. D'autre part, les sessions de lutte supplémentaires permettent de recycler plus rapidement les brebis qui sont ressorties « vides » de la session précédente. Enfin, le fractionnement des ventes réduit la variabilité du prix moyen de vente qui apparaît comme le principal vecteur de fluctuation des résultats de l'exploitation. En contrepartie, une plus grande utilisation de concentrés rend cette conduite plus sensible au prix des céréales. Ces résultats doivent être ensuite validés par une expérimentation système. Mais cette dernière devra aussi éclairer les chercheurs sur d'autres points comme le souligne Marc Benoît « *En élevage, il est difficile de modéliser le facteur travail car les pratiques sont très diversifiées. L'expérimentation à venir nous permettra de savoir si cette conduite plus complexe est supportable en terme de charge mentale et de temps de travail* ». ●

Géraud Chabriat

(1) www.inra.fr/presse/quel_elevage_pour_demain_lancement_animal_change

(2) La productivité numérique est le nombre d'agneaux vivants par brebis et par an. Elle dépend de la fertilité (nombres de brebis gestantes par rapport à celles mises à la lutte), de la prolificité (nombres d'agneaux nés par mise bas) et de la mortalité des agneaux.

+d'infos

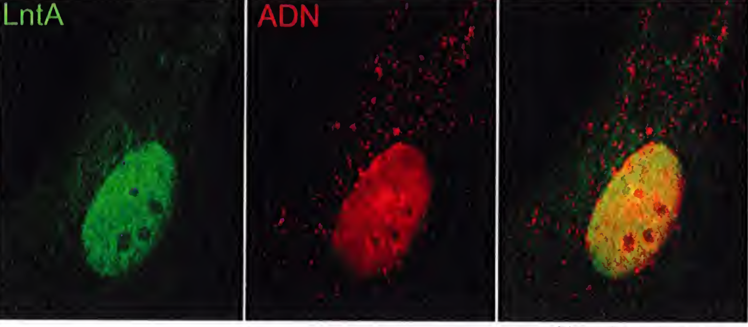
références :

Benoît M., 1998. Un outil de simulation du fonctionnement du troupeau ovin allaitant et de ses résultats économiques : une aide pour l'adaptation à des contextes nouveaux, *INRA Prod. Anim.*, 11(3), 199-209.
www.journees3r.fr/IMG/pdf/2009_02_15_Mosnier.pdf

RECHERCHES & INNOVATIONS



Listeria et le silence des gènes



LA PROTÉINE LntA (en vert) pénètre dans le noyau de la cellule infectée par *Listeria* (l'ADN de la cellule et des bactéries est coloré en rouge).

En étudiant le mode d'action de la bactérie pathogène alimentaire *Listeria monocytogenes*, des chercheurs (1) de l'Inra ont mis à jour un mécanisme de régulation du génome humain. *Listeria* utilise ce système pour déréguler la machinerie immunitaire de l'hôte.

Par comparaison entre les génomes d'espèces de *Listeria* pathogènes et non pathogènes, Hélène Bierne (2) a repéré le gène lntA (3), inconnu jusqu'alors. Ce gène de virulence code pour une petite protéine capable de pénétrer dans le noyau des cellules humaines infectées. Là, elle se fixe à une protéine de l'hôte, BAHD1, pour activer une famille de gènes liés à l'immunité. C'est en s'intéressant à BAHD1 que les chercheurs ont fait une découverte majeure : il s'agit d'une protéine régulatrice du génome humain, qui agit directement sur la structure des chromosomes pour inhiber l'expression de certains gènes.

Le « verrou » BAHD1

BAHD1 est une protéine humaine localisée dans le noyau des cellules. Là, elle est capable de modifier la structure de la chromatine, cet assemblage formé par l'ADN, qui porte les gènes, et par des protéines spécialisées. En compactant la chromatine, BAHD1 rend les gènes silencieux, car ils deviennent inaccessibles pour les enzymes de « lecture ». Identifier un tel facteur, qui influe directement sur la structure du matériel génétique, est un résultat très important pour comprendre la régulation du génome. D'autant que BAHD1 semble éteindre plusieurs gènes impliqués dans la multiplication ou la survie des cellules et dont l'expression anormale contribue à des anomalies congénitales ou à des cancers.

Les deux effets antagonistes de *Listeria*

Les gènes inhibés par BAHD1 diffèrent selon les cellules et les signaux auxquels celles-ci sont exposées. Dans le cas de l'infection par *Listeria*, BAHD1 agit sur une famille particulière de gènes de l'immunité. Leur point commun est d'être stimulés par un type d'interféron (4) encore mal connu, dit de classe III. La bactérie peut avoir en fait deux effets antagonistes sur ces gènes et elle en joue suivant ses propres besoins : elle peut soit les inhiber *via* BAHD1, soit les activer, *via* LntA, qui, en se fixant sur BAHD1, fait sauter le « verrou ». Cette deuxième action paraît contre-intuitive, car quel intérêt peut avoir la bactérie à activer le système immunitaire de son hôte ? « *En fait, on connaît déjà ce balancement entre activation et inhibition de la réponse immunitaire chez la plupart des bactéries pathogènes*, précise Hélène Bierne. *Une hyperstimulation du système immunitaire peut avoir un effet délétère sur les cellules hôtes et bénéficier à la bactérie en phase d'infection aiguë et de dispersion. En phase de latence, la bactérie peut avoir intérêt au contraire à inhiber les défenses de l'hôte* ». Les chercheurs étudient actuellement dans quelles circonstances *Listeria* exprime la protéine LntA. « *Dans quels tissus,* via *quelles cellules et à quel moment ? Ce sont les questions que nous nous posons maintenant* », conclut la chercheuse qui travaille depuis plus de dix ans sur ce « beau modèle d'étude ».

Magali Sarazin

(1) Hélène Bierne et Alice Lebreton, avec des chercheurs de l'Institut Pasteur, de l'Inserm et du CNRS : www.inra.fr/presse

(2) Microbiologiste de l'Inra en poste à l'unité des Interactions bactéries-cellules de l'Institut Pasteur, Inserm U604, Inra USC2020, dirigée par Pascale Cossart.

(3) Le gène lntA code pour la protéine LntA appelée « *nuclear targeted protein A* ».

(4) Petites molécules essentielles à la communication entre les cellules immunitaires de l'organisme.

Mortelle bactérie des frigos

Listeria est très répandue dans la nature (sol, végétation, eau, etc.) et peut contaminer par ce biais les plantes comme les animaux, puis se retrouver dans certains aliments comme la viande et les produits laitiers. Problème : elle résiste aux températures de réfrigération (au-dessus de 4°C) et continue à se développer, contrairement à la plupart des autres bactéries. Parmi les six espèces de *Listeria*, seule *L. monocytogenes* est pathogène pour l'homme. Elle provoque la listériose, maladie qui engendre une mortalité importante (20 à 30 %) en comparaison avec les autres infections d'origine alimentaire, et qui affecte particulièrement les personnes âgées ou immunodéprimées et les femmes enceintes.

+d'infos

références :

- Bierne H. *et al.*, Human BAHD1 promotes heterochromatic gene silencing, *PNAS*, 2009, 106:13826-31.
- Lebreton A. *et al.*, A bacterial protein targets the BAHD1 chromatin complex to stimulate type III interferon response, *Science*, 11 March 2011: 1319-1321.

contact :

helene.bierne@pasteur.fr


Santé des plantes et des animaux
Comprendre, analyser, innover
Famines, pertes économiques, transmission de maladies entre humains et animaux : les maladies des cultures et des troupeaux ont un fort impact sur les hommes. Préserver la santé des plantes et des animaux demande d'améliorer les connaissances sur les agresseurs, d'élaborer des outils de diagnostic et de prévention et de déployer des stratégies de contrôle innovantes.
INRA



1 L'impact des maladies

L'homme s'accommode de certaines maladies animales ou végétales contre lesquelles il possède des moyens de contrôle. Plus difficile est le cas des nouveaux pathogènes qui débarquent d'un avion ou d'un navire. Et lorsque la nouveauté se conjugue à la gravité, c'est à de véritables crises sanitaires qu'il faut faire face dans l'urgence.

Des crises sanitaires toujours présentes

Maladie de la vache folle, grippe aviaire et fièvre catarrhale ovine, plusieurs crises ont défrayé la chronique ces dix dernières années, en dépit de mesures de surveillance et de gestion de plus en plus strictes. Le règne végétal n'est pas en reste : arrivée de la chrysomèle du maïs en France, réapparition de la rouille noire du blé en Iran, installation de la rouille du soja aux Etats-Unis, arrivée programmée du nématode du pin en France... Ces maladies peuvent compromettre les ressources alimentaires nationales et mondiales. Pour un grand pays producteur comme la France, elles pénalisent les agriculteurs, mais aussi les filières de transformation, voire le commerce extérieur. Pour d'autres pays, ces crises peuvent provoquer des famines catastrophiques. Enfin, on craint aussi la transmission des maladies animales aux humains. On le voit, les conséquences économiques et sociales sont lourdes.


© Inra / Sylvie Derridj - Wegener Jakob

Chrysomèle du maïs

10 000 euros
c'est le coût annuel des maladies courantes pour une exploitation laitière moyenne (44 vaches)
estimation en 2000 en Pays de Loire, Inra de Nantes

20% **de la production annuelle française de truite arc-en-ciel perdus à cause des infections virales**
source *Bull. acad. vét.* France, 2007

14 **traitements fongicides par an sur la pomme de terre à cause du mildiou (contre 3 pour les céréales)**

Jusqu'à
1 milliard de dollars
de dégâts annuels causés aux Etats-Unis par la chrysomèle du maïs

Plus de 2 000 000
d'animaux abattus en onze semaines lors de la crise de fièvre aphteuse en 2001 au Royaume-Uni

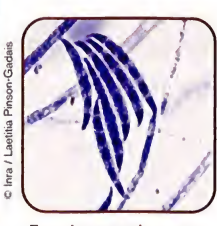
Les maladies émergentes

Les maladies dites émergentes (ou réémergentes) apparaissent (ou réapparaissent) dans une population où elles n'avaient jamais été identifiées auparavant (ou oubliées). Par exemple, la fièvre aphteuse*, réapparue en Angleterre en 2001 chez les ruminants, ou encore la fièvre catarrhale ovine** en France à partir de 2006. Elles constituent une tout autre problématique, car elles surviennent brusquement et on ne dispose pas toujours de méthodes de diagnostic ou de lutte adaptées. Lorsque le potentiel contagieux est fort, le risque épidémique est élevé, débouchant, chez l'animal, sur des épizooties. La transmission est favorisée par les fortes densités animales dans les élevages intensifs. Autre facteur aggravant : les mouvements des pathogènes à l'échelle mondiale, accentués par l'internationalisation des échanges, le changement climatique et les déplacements illicites d'animaux ou de denrées (cf encadré).

* Infection virale très contagieuse touchant les ruminants et les porcs. Sans danger pour l'homme, elle provoque des lésions dans la bouche des animaux, entre les doigts et sur les mamelles.

** Maladie de la langue bleue, due à un virus transmis par un moucheron piqueur. Elle touche surtout les moutons, mais aussi les bovins et les chèvres, provoquant des lésions hémorragiques, des avortements...

Les maladies « ordinaires »


© Inra / Laetitia Pinson-Gadais

Fusarium graminearum, champignon contaminant les céréales.

Certaines maladies, dites endémiques, sont habituellement présentes dans une zone donnée. C'est le cas des microchampignons qui se développent dans les cultures en condition d'humidité ou encore des maladies d'élevage telles que boiteries, mammites des vaches laitières, infestations des ruminants au pâturage par des strongles (vers parasites), etc. Connues, elles sont aussi identifiables et traitables. Le préjudice engendré est néanmoins considérable.

Le changement climatique, stimulateur de maladies et d'invasions nouvelles

Le changement climatique favorise l'émergence des pathogènes :
- Depuis 1970, une nouvelle espèce de pucerons ravageurs de culture apparaît chaque année. Cette augmentation est corrélée à celle de la température moyenne.
- La progression vers le Nord de la processionnaire du pin est directement liée à l'augmentation des températures hivernales. La modélisation mathématique indique que cet insecte ravageur pourrait atteindre Paris en 2025.

Menaces sur les hommes

Les menaces sont de deux types. D'abord, certaines maladies animales sont transmissibles à l'homme, on les qualifie alors de zoonoses. Les plus connues sont la tuberculose, la brucellose, la toxoplasmose, la grippe… Le parallèle n'existe pas chez les plantes, leurs maladies n'affectant pas l'homme. L'autre voie de contamination de l'homme passe par son alimentation : par exemple, des œufs contaminés par des salmonelles ou des céréales parasitées par un champignon comme le *fusarium*, qui contiennent de ce fait des mycotoxines dangereuses pour la santé humaine.
L'OIE (Organisation mondiale de la santé animale) a répertorié en 2001 :

1 415 agents infectieux identifiés chez l'homme

990 chez le bétail et les animaux domestiques dont **119** jugés préjudiciables et **31** transmissibles à l'homme

30 mycotoxines ayant des effets toxiques avérés (sur 300 décrites)
sources : FAO : *Food and agricultural organisation*

››› INTERVIEW Trois questions à Thierry Pineau, chef du département « Santé animale » et Olivier Le Gall, chef du département « Santé des plantes et environnement » à l'Inra.



Thierry Pineau



Olivier Le Gall

Santé animale et végétale, quels points communs, quelles différences ?

Thierry Pineau : *Les grands types de pathogènes sont les mêmes, un virus reste un virus, qu'il infecte un animal ou une plante. En revanche, les défenses de l'hôte agressé ne sont pas équivalentes : les anticorps, ou les globules blancs « tueurs », armes décisives chez les animaux, n'existent pas chez les plantes.*

Olivier Le Gall : *La notion de santé diffère un peu : pour les animaux, plus qu'une absence de maladie, elle englobe aussi un état de bien-être. L'approche est plus individuelle. Alors que le pathologiste végétal raisonne au niveau des populations : si une plante est malade, c'est le champ qui est malade. Sauf exception, on ne soigne pas une plante individuellement, comme on peut le faire pour l'animal…*

T. P. : *…quoique en santé animale, l'approche populationnelle se développe aussi. Des premiers résultats montrent que l'on utiliserait globalement moins d'antibiotiques si on pouvait les administrer très précocement à tout le troupeau dès l'apparition des tout premiers symptômes chez un individu, plutôt que de traiter seulement les animaux qui ont déclaré la maladie. Cette stratégie, appelée métaphylaxie, sera utilisable si l'on arrive à détecter très précocement les signes d'une infection dans un élevage. C'est un défi de recherche.*

Comment développer une gestion « intégrée » des maladies ?

T. P. : *La gestion intégrée consiste à coordonner judicieusement plusieurs méthodes, préventives et curatives, avec un concept nouveau qui invite à abandonner le « miroir aux alouettes » de l'éradication pour viser plutôt la maîtrise des agents pathogènes. Cette gestion intégrée s'impose de plus en plus pour éviter les inconvénients de l'usage massif de pesticides ou de médicaments, à savoir l'apparition de résistances chez les pathogènes, la pollution de l'environnement et leurs impacts en matière de santé des plantes, des animaux et de l'homme.*

O. L. G. : *Mais pour cela, nous devons aussi faire des recherches « intégrées », en rapprochant non seulement les disciplines de la biologie entre elles (physiologie, génétique moléculaire, écologie, modélisation, etc.), mais aussi les sciences sociales. C'est particulièrement important car la gestion intégrée requiert l'adhésion des acteurs : elle peut apparaître plus complexe pour l'agriculteur ou l'éleveur. Combiner plusieurs paramètres demande plus de technicité, plus de disponibilité qu'appliquer un traitement standard. Nous devons étudier les freins et les verrous organisationnels. Si, par exemple, on préconise une interculture pour éviter une maladie sur la culture principale, il faut s'assurer de l'existence d'une filière de valorisation pour cette interculture.*

En pratique, comment vous y prenez-vous pour susciter cette « intégration » de la recherche ?

T. P. : *C'est l'objectif des « métaprogrammes » de l'Inra que de construire des recherches par thèmes, et pas seulement par disciplines, pour avoir un meilleur impact opérationnel. On rassemble les recherches sous l'égide de grandes ambitions pragmatiques et lisibles, en l'occurrence ici : « comment améliorer la santé végétale et animale ? ». Il faut donc que les chercheurs, tout en gardant leur spécialité, travaillent, non pas en juxtaposition, mais en interaction. Que le modélisateur, par exemple, tienne compte des connaissances de l'agronome, celui-ci intégrant les résultats des économistes, etc.*

O. L. G. : *Concrètement, pour construire le métaprogramme en santé végétale, nous réunissons d'abord une quinzaine de spécialistes des différentes disciplines pour identifier des actions « phares » et les moyens de les développer : moyens humains, appels à projets auprès des équipes, séminaires entre chercheurs. La gestion durable des résistances génétiques est un exemple d'action phare qui démarre. Nous nous en préoccupons en réalité depuis les années 2000, mais nous y associons maintenant plus étroitement les écologues et les agronomes et bientôt les économistes et les sociologues. Le déploiement des gènes de résistance dans une espèce cultivée doit en effet se raisonner à l'échelle territoriale, en concertation avec les acteurs.*

T. P. : *Pour le métaprogramme en santé animale, le principe est le même, avec une cellule de coordination qui réfléchit aux grands axes de travail : élever des races naturellement résistantes à des pathogènes, développer des méthodes de prophylaxie plus efficaces, conduire différemment les élevages dans des bâtiments repensés, faire un usage raisonné des antibiotiques pour contrôler les résistances… Sans oublier la dimension de formation et d'éducation, qui participe à l'acceptabilité et à la diffusion de ces nouveaux systèmes de culture ou d'élevage.*



2 Connaître l'ennemi

Qu'ils soient animaux ou végétaux, les organismes peuvent subir les attaques de différents pathogènes (virus, bactéries, champignons, nématodes, etc.), contre lesquelles ils se défendent. Résultat d'une co-évolution pathogène-hôte, chacun se dote d'armes de plus en plus perfectionnées pour contourner l'autre. Lors de la confrontation, cette « course à l'armement » se traduit par une suite d'attaques/défenses, dans laquelle animaux et végétaux présentent plus d'analogies qu'on ne le croit.

Barrière : peau

Points faibles : épithélium intestinal, voies respiratoires



Virus, bactéries, champignons, parasites...



Barrière : paroi des cellules

Points faibles : pores, blessures

Première ligne d'attaque



• Emission de toxines lytiques (bactéries)



• Structures d'infection perforantes (champignons)



• Les virus entrent directement

Deuxième ligne d'attaque



• Résistance à la phagocytose



• Effecteurs ciblant les réactions de défense :
- suppression de la reconnaissance
- suppression de la réponse HR
- neutralisation des petits ARN...

L'animal reconnaît le pathogène qui porte ou émet des molécules particulières

Contre-attaque rapide : immunité innée :
- Molécules de défense (interférons, molécules « antibiotiques »...)
- Phagocytose (macrophages...)
- Inflammation

Immunité adaptative spécifique :
- Anticorps (pour pathogène extracellulaire)
- Cellules tueuses (pour pathogène intracellulaire)

Petits ARN :
Détruisent spécifiquement l'ARN du pathogène (virus, bactérie...)

La plante reconnaît le pathogène qui porte ou émet des molécules particulières

Contre-attaque rapide : immunité innée :
- Renforcement des parois
- Réponse hypersensible (HR) (sacrifice des cellules infectées)

Réponse systémique (de toute la plante) **non spécifique :**
Activation de gènes de résistance : molécules de défense qui inhibent la croissance du pathogène, détruisent ses parois (« antibiotiques », antifongiques, inhibiteurs de protéases...)

Petits ARN :
Détruisent spécifiquement l'ARN du pathogène (virus, bactérie...)

Virus

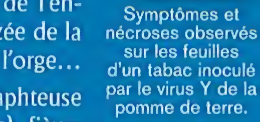
Portrait-robot : de 0,05 à 0,1 µm, parmi les plus petits micro-organismes pathogènes. Un ou plusieurs segments d'acide nucléique (ADN ou ARN) contenus dans une coque de protéines. Certains virus possèdent en plus une enveloppe membranaire protectrice provenant d'une cellule infectée.

Mode de vie : pour se reproduire, les virus doivent pénétrer dans une cellule hôte et utiliser sa machinerie cellulaire pour fabriquer leurs propres protéines et multiplier leur génome.

Transmission : inhalation, contact ou inoculation par un être vivant vecteur (insectes, nématodes, acariens).

Virus végétaux : une dizaine de familles (environ 500 virus) infectant chacun un grand nombre de plantes.

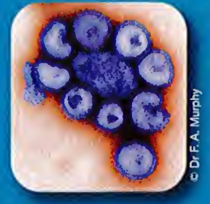
Virus très présents en France : virus Y de la pomme de terre, virus de la mosaïque du concombre, de la Sharka (genre *Prunus*), de l'enroulement de la vigne, de la maladie bronzée de la tomate, de la jaunisse nanisante de l'orge...



Symptômes et nécroses observés sur les feuilles d'un tabac inoculé par le virus Y de la pomme de terre.



Virus animaux : rage, fièvre aphteuse (bovins, porcs, chèvres, moutons), fièvre catarrhale ovine (moutons essentiellement), grippe (oiseaux sauvages et domestiques, porcs et homme), virus respiratoire syncytial (bronchiolite, jeunes bovins, homme)...



Virus grippal.

Moyens de lutte :
· *Végétaux* : variétés résistantes, prévention par tri sanitaire et culture de méristèmes, lutte indirecte contre les vecteurs.
· *Animaux* : stimulation du système immunitaire par vaccination, confinement des élevages en période d'épidémie, lutte contre les vecteurs...

Exemples de travaux de l'Inra :
· Une équipe Inra a identifié une protéine dont certaines altérations empêchent les potyvirus d'accomplir leur cycle infectieux. La famille de gènes impliquée pourra être utilisée pour sélectionner des plantes résistantes à ces virus très dommageables sur les cultures légumières.
· D'autres travaux ont montré, chez le virus respiratoire syncytial, responsable de la bronchiolite chez les jeunes bovins et les enfants, comment les protéines d'enveloppe s'ouvrent uniquement pour laisser passer l'enzyme nécessaire à sa réplication. Ces résultats pourront servir au design d'antiviraux.

Bactéries

Portrait-robot : 0,2 à 2µm (plus de 100 fois plus grosses qu'un virus).
Cellule sans noyau ni organites, un seul chromosome, parfois enrobé dans une capsule protectrice. Présence éventuelle de poils ou de flagelles servant à l'attachement, à l'échange d'informations génétiques ou au déplacement.

Salmonella enteritidis. © Inra / Philippe Velge

Mode de vie : présentes dans tous les milieux (eau, sol, air) y compris dans des conditions extrêmes. Capables de se reproduire indépendamment par simple division (contrairement aux virus) mais peuvent aussi vivre en parasites de cellules animales ou végétales.
Production de substances qui détruisent les cellules afin de progresser dans les tissus. Emission possible de toxines.

Bactéries des végétaux : parmi les premières causes de perte de récoltes. Provoquent nécroses, flétrissements, pourritures molles ou galles. Le seul genre *Xanthomonas* possède de nombreuses espèces qui s'attaquent à la plupart des végétaux (tomate, pomme de terre, chou, colza, céréales, arbres fruitiers...). Le feu bactérien provoque de graves dégâts sur les arbres fruitiers.



Symptôme de la galle provoqué par *Xanthomonas campestris pv. vesicatoria* © Inra / Dominique Blancard



Bactéries des animaux : *Listéria, Brucella*, salmonelles, bacille de la tuberculose, staphylocoques et streptocoques agents de mammites... Très répandues, ces dernières provoquent des pertes économiques très importantes dans les filières laitières : baisse de production, de qualité, coûts des traitements.

Moyens de lutte :
- *Végétaux* : prophylaxie essentiellement (désinfection des semences...), en curatif : les sels cupriques (les antibiotiques sont interdits).
- *Animaux* : vaccins, antibiotiques, prévention, hygiène.

Exemples de travaux de l'Inra :
- Chez *Xanthomonas*, des chercheurs ont démontré le rôle crucial d'un système de sécrétion particulier dans la capacité de certaines souches à coloniser la partie aérienne des plantes et à se transmettre par la semence.
- L'Inra a participé à une étude comparant différentes souches de *Staphylococcus aureus* d'origines humaine, ovine, caprine et bovine. Celle-ci a démontré que ces bactéries responsables de certaines mammites sont spécifiques non pas d'un tissu mais de leur hôte.



© DR

Coccidies

Portrait-robot : les coccidies sont des apicomplexes, organismes parasites des animaux, formés d'une seule cellule eucaryote (possédant un noyau). Ils contiennent des organites spécialisés (microtubules, fibrilles, etc.) qui leur permettent de pénétrer et se développer dans les cellules hôtes. Leur taille varie entre 10 et 20 µm.



Oocyste de Coccidies © Bruno Polack - ENVA

Mode de vie : développement et multiplication uniquement dans certaines cellules de l'épithélium intestinal. Nutrition par phagocytose. Leur cycle biologique : phase asexuée et phase sexuée qui donne des oocystes (œufs). Une fois excrétés, les oocystes forment des spores au contact de l'air. Très résistantes dans l'environnement, ce sont elles qui sont absorbées par les animaux.

Parasites des animaux : capable de parasiter la plupart des mammifères et surtout les oiseaux. Premier fléau parasitaire de l'aviculture au niveau mondial : impact économique estimé à deux milliards de dollars par an. Perte de production par mortalité mais surtout par morbidité : diarrhées sanglantes, malabsorption, perte d'efficacité alimentaire, chute de ponte, défauts de qualité de la viande et des œufs.

Moyens de lutte : ***Anticoccidiens*** : produits chimiques de synthèse, ionophores issus de fermentation microbienne. Vaccins « vivants » basés sur un faible nombre d'oocystes de plusieurs souches ou sur des souches de virulence atténuée.

Exemples de travaux de l'Inra :
- L'Inra de Tours étudie le rôle des protéases parasitaires dans l'invasion des cellules, la survie du parasite et son cycle sexué. Alors que des résistances commencent à apparaître pour certaines molécules, la caractérisation biochimique de ces protéases permettra de concevoir de nouveaux anticoccidiens.

Champignons



Grappe de raisin atteinte de *Botrytis cinerea* © Inra / Anne-Sophie Walker

Portrait-robot : après germination d'une spore, la forme végétative des champignons filamenteux s'allonge et se ramifie pour donner un mycélium, dont les cellules possèdent une paroi de chitine ou de cellulose.

Mode de vie : dissémination sous forme de spores. Pénétration dans la plante par des orifices naturels (stomates, lenticelles), des blessures ou perforation de la cuticule. Nombreuses enzymes et toxines sécrétées. Trois modes de vie possibles : détournement des ressources de la plante (biotrophe), destruction des cellules (nécrotrophes) ou succession des deux modes.



Parasites des plantes : les champignons filamenteux et les oomycètes (cas du mildiou) sont responsables de 90% des maladies végétales et de 20% des pertes de récoltes mondiales. Cibles des espèces d'oïdium : céréales, tomate, fraisier, pommier, vignes, chêne...
Botrytis cinerea : responsable de la pourriture grise pour plus de 200 plantes (20% des pertes mondiales pour les cultures concernées, coût estimé entre 10 et 100 milliards)
Autres maladies importantes : fusarioses, rouilles, tavelure, septorioses.

Moyens de lutte : traitements fongicides, variétés résistantes, prophylaxie. Conception de systèmes de cultures innovants.

Exemples de travaux de l'Inra : les travaux en cours bénéficient des avancées de la génomique. L'analyse génétique de l'oïdium de l'orge a permis de comprendre comment ce parasite est devenu complètement dépendant de la plante. L'Inra est aussi impliqué dans le séquençage du génome de *Botrytis cinerea*. L'Inra participe à la sélection d'espèces résistantes, par exemple, des cépages de vigne résistants au mildiou et à l'oïdium.



Germination d'une oospore de *Plasmopara viticola* (mildiou). © Inra / G. Froidefond

Insectes et tiques

Portrait-robot : insectes et tiques sont des arthropodes, qui comptent le plus grand nombre d'espèces au monde, dont seul un petit nombre porte gravement atteinte à l'agriculture ou à l'élevage.

Pucerons vert et rose de la pomme de terre.

© Inra / Yvon Robert

Mode de vie : répandus dans tous les milieux. Consomment directement les végétaux ou sont vecteurs de virus, bactéries, parasites des plantes et des animaux.

Insectes et végétaux : pucerons, papillons, cochenilles, criquets, charançons…

Insectes et animaux : mouches et moustiques : vecteurs de la fièvre catarrhale ovine, de la maladie du sommeil, de l'hypodermose bovine (qui provoque le déclassement des peaux percées)…

Tiques (acariens) **:** vecteurs de maladies animales parfois transmissibles à l'homme (babesioses, maladie de Lyme).

Moyens de lutte :

- *Végétaux* : insecticides, et autres méthodes de la lutte intégrée : rotation des cultures, enfouissement des déchets de récolte, travail du sol, décalage de la culture par rapport au cycle de l'insecte, greffage, variétés résistantes, lutte biologique (utilisation d'un prédateur de l'insecte, confusion sexuelle).



- *Animaux* : insecticides sur les animaux et dans les bâtiments, élimination des zones « refuge », piégeage, aménagement et conditionnement des locaux.

Exemples de travaux de l'Inra :

- Les chercheurs ont identifié un récepteur olfactif chez la noctuelle, papillon dont les larves s'attaquent aux feuilles d'un grand nombre de plantes. Perturber l'olfaction des chenilles permettrait de les détourner de leurs cibles végétales sans utiliser d'insecticides. C'est d'autant plus intéressant que ce récepteur est commun à plusieurs espèces de noctuelles (coton, tomate, maïs, chou…) mais pas à d'autres insectes comme le ver à soie, l'abeille, etc.
- Les tiques servent de vecteurs au parasite responsable de la babesiose bovine, maladie qui peut se transmettre à l'homme et provoque la lyse des globules rouges. Une équipe Inra a montré que la tique transmet aussi des babesioses qui touchent les mammifères sauvages comme le chevreuil, l'isard, ceux-ci constituant donc des réservoirs sauvages de cette zoonose.



© Inra / Delphine Filputti

Tiques du mouton (*Ixodes ricinus*), mâle à gauche, femelle à droite.

Nématodes

Portrait-robot : les nématodes sont des vers ronds. Leur corps est recouvert d'une cuticule.

Mode de vie : présents à l'état libre dans les sols, les eaux douces ou marines. Les nématodes à galles (principal nématode parasite des plantes) pénètrent par les racines grâce à des enzymes qui dégradent les parois cellulaires. Ils émettent aussi des substances qui provoquent chez l'hôte l'apparition de « cellules géantes » dont ils se nourrissent. D'autres espèces entraînent des kystes racinaires ou sont vecteurs de virus. Chez l'animal, le parasite se transmet *via* des formes infestantes présentes à l'état libre dans l'environnement et ingérées par l'animal. Adulte, il peut consommer le contenu digestif de l'hôte, ses muqueuses, son sang…



Parasites des végétaux : ravageurs des cultures pour plus de 2 000 espèces végétales. Responsables de plusieurs centaines de millions d'euros de dégâts chaque année : pertes de rendements, de qualité, sensibilité accrue à d'autres stress, perte de la récolte.



Parasites des animaux : l'infestation par des nématodes gastro-intestinaux est une des principales pathologies parasitaires chez les petits ruminants (ovins, caprins) : perte de poids, de production (laine, lait…), de qualité.



© Inra / Dominique Blancard

Maladies de la tomate. Symptômes de galles racinaires provoqués par *Meloïdogyne spp.*

Moyens de lutte :

- *Végétaux* : variétés résistantes, prophylaxie, (les molécules nématicides sont extrêmement polluantes et actuellement retirées du marché).
- *Animaux* : races résistantes, gestion du patûrage, médicaments pour lutter contre les vers, méthodes alternatives de maîtrise : tannins d'origine végétale.

© Inra / J. Hubert

Nématode gastro-intestinal. Parasite des ruminants. Larves infestantes du 3e stade.

Exemples de travaux de l'Inra :

- Une équipe de l'Inra a coordonné le séquençage du nématode à galle *M. Incognita*. L'analyse de l'histoire évolutive des gènes de ce nématode a montré qu'il a acquis son arsenal enzymatique grâce à un transfert horizontal à partir de plusieurs gènes bactériens. L'étude de ces gènes pourra fournir d'autres molécules nématicides.
- L'Inra de Colmar étudie la réduction des populations de nématodes vecteurs du virus du court-noué de la vigne. Pour cela on sème entre les rangs ou les plantations des espèces végétales dont on a testé en serre les propriétés nématicides.

3 Diagnostic et épidémiologie

Pour lutter contre les pathogènes, il faut d'abord les identifier et suivre leur propagation. Diagnostic et épidémiologie sont ainsi étroitement liés. La recherche intervient pour élaborer des outils de diagnostic, de surveillance et d'aide à la décision.

La course au diagnostic

L'identification du pathogène doit être rapide, précise et applicable à un grand nombre d'échantillons. Question rapidité, la détection ciblant le génome du pathogène, plutôt que les anticorps, constitue le grand bouleversement de ces dix dernières années. En effet, l'ADN (ou ARN) infectieux est détectable (après amplification par PCR) dès les premières heures, alors que les anticorps mettent plusieurs jours à apparaître dans le sang des animaux. La recherche d'anticorps reste toutefois nécessaire pour vérifier qu'il y a eu infection et réaction de l'organisme. Quant à la précision, elle est nécessaire pour identifier un variant spécifique et développer un vaccin approprié. Mais un test polyvalent peut aussi avoir son utilité quand il s'agit de « ratisser large ».



Par exemple, les chercheurs de l'Inra de Bordeaux ont créé un test PCR « universel » qui permet de détecter tous les variants, même inédits, d'une famille de virus végétaux très polymorphes. Ils ont pour cela identifié des segments très conservés du génome.*

* Famille des *Flexiviridae* comportant plusieurs genres et responsables de maladies importantes chez les arbres fruitiers à noyaux, les agrumes, les bananiers et la vigne.

Mieux vaut anticiper...

Il est crucial de surveiller au niveau mondial les mouvements des pathogènes pour se concentrer sur ceux qui présentent le plus de danger. Cela permet de disposer de tests de diagnostic au moment où la maladie se présente. En effet, une maladie comme la fièvre aphteuse par exemple se répand comme une traînée de poudre et chaque journée perdue se chiffre en milliers d'animaux à abattre. Trois semaines de délai dans la détection de cette maladie ont coûté plusieurs milliards d'euros au Royaume-Uni lors de l'épisode infectieux de 2001. Sans incidence sur l'homme, elle cause des dommages considérables dans les élevages. C'est pourquoi les recherches continuent pour améliorer les méthodes de diagnostic, même si la maladie n'est pas présente en France actuellement.

... et être réactif

En 2006, un sérotype* absent du territoire européen de fièvre catarrhale ovine (FCO) est apparu aux Pays-Bas et en Belgique... alors que plusieurs sérotypes circulaient dans les pays méditerranéens et qu'on attendait plutôt une arrivée du virus par le Sud. La propagation est allée très vite, touchant fin 2007 les 4/5 de la France. A la suite d'un appel d'offres initié par la France, les laboratoires ont travaillé dans l'urgence pour isoler ce nouveau sérotype et élaborer un test diagnostic**. Des vaccins ont aussi été développés en urgence. Car la vaccination est la principale mesure d'urgence contre la FCO, qui se transmet par un insecte***. Le vaccin contre la FCO a été mis au point en un temps record, 18 mois, alors que le délai moyen est de deux ou trois ans. Pour l'instant, cette maladie semble maîtrisée en France, mais les recherches continuent pour connaître les facteurs de virulence, ce qui permettra d'affiner les diagnostics et les vaccins, voire de prédire la virulence de nouveaux sérotypes.

* Ensemble des antigènes caractéristiques d'une souche pathogène, tenant lieu de « carte d'identité ».
** Travaux de l'unité mixte associant l'Anses (agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), l'Inra et l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort.
*** Contrairement à la fièvre aphteuse pour laquelle l'abattage est le seul moyen d'éliminer les animaux contagieux.

DE LA DÉTECTION À LA LUTTE : UNE COURSE CONTRE LA MONTRE

Exemple de la fièvre aphteuse

- Durée d'incubation : 2 à 7 jours
- Durée d'analyses : environ 12 heures
- Vitesse de propagation : 1 bovin malade à midi, 25 à 18 h, tout le troupeau le lendemain

Suspicion de maladie →
- Vraisemblance clinique (symptômes)
- Vraisemblance épidémiologique (voisinage, transfert d'animaux)

→
- Alerte des services vétérinaires (aide au diagnostic)
- Mesures (blocage de la circulation d'animaux, de véhicules, désinfection)
- **Prélèvements + analyse**

→ **Confirmation**

→ **Mesures** : abattage, désinfection, isolement, vaccination d'urgence...

Reconnaître l'inconnu : un paradoxe à résoudre !

Outre les maladies connues et surveillées, de nouvelles maladies apparaissent régulièrement. Certains travaux montrent que leur nombre continue d'augmenter avec le temps, et qu'il est proportionnel au volume des échanges commerciaux. Par exemple, une maladie « du sommeil » est apparue dans les années 2000 chez les poissons. Isolé par une équipe de l'Inra de Jouy-en-Josas, le pathogène est un virus connu jusque-là seulement chez les vertébrés supérieurs. De même, des maladies de type viral mais dont on ne connaît pas les agents apparaissent régulièrement dans les espèces ligneuses (vignes, fruitiers). Pierre angulaire de la lutte, la surveillance du territoire est assurée en France, côté animal, par l'Anses, qui évalue les risques en vue de leur gestion par les pouvoirs publics. Côté végétal, c'est un service de la Direction générale de l'alimentation qui remplit cette mission*. Le rôle de la recherche, outre la présence de chercheurs en tant qu'experts dans certaines instances, consiste, en amont, à proposer des outils pour améliorer l'efficacité de la surveillance.

* Les Etats généraux du Sanitaire, organisés par le ministère de l'Alimentation en 2010, préconisent la création d'une plateforme nationale d'épidémiosurveillance renouvelant le dispositif actuel.


© Inra / Marc Hovin

Symptômes causés par le virus de l'enroulement de la vigne.

››› **L'application informatique « Emergences 2* »** *permet au praticien, vétérinaire, pathologiste, technicien, éleveur, de décrire une nouvelle maladie. Grâce à un traitement informatique automatisé, les cas analogues sont regroupés, faisant apparaître les zones touchées et les maladies potentiellement émergentes. Ces informations sont vérifiées en temps réel par des experts, puis sur le terrain, pour proposer les mesures appropriées. Les pouvoirs publics belges, éprouvés par la rapidité de la crise de la FCO en 2006, ont décidé d'inclure Emergences 2 dans leur dispositif de surveillance national. Il en est de même pour les autorités allemandes.*

* Inra de Clermont-Ferrand, www.emergences2.com/main.php

››› *Bientôt, un simple téléphone portable suffira à un observateur pour identifier sur le terrain un pathogène de plantes. L'Inra de Bordeaux développe en effet une application, peu coûteuse, qui permet de connecter un smartphone à une base de données* grâce à laquelle il est possible tout à la fois de décrire de nouveaux symptômes -ou bien de reconnaître une maladie déjà répertoriée à partir d'une galerie de photos- et de consulter les conseils de protection.*

* Portail e-Phytia, http://ephytia.inra.fr/index.php)

Lorsqu'une maladie est éliminée, on a tendance à l'oublier… Un enjeu clé de l'épidémiologie est de capitaliser et d'entretenir les savoirs permettant l'identification des pathogènes.

››› *L'Inra construit une base de données* qui contient les informations génomiques et morphologiques utiles à l'identification des espèces, que ce soit l'hôte (plante, animal) ou le bioagresseur (virus, bactérie, champignon, insecte, etc.). Cette base sera accessible aux professionnels sur le Web dès 2011. Afin de fournir un service intégré, elle est connectée à d'autres outils (dont la base e-Phytia, cf ci-dessus) qui, eux, recensent les moyens de lutte.*

* Réseau national « R-Syst », composé d'une soixantaine de chercheurs, ingénieurs et techniciens.

Lorsqu'il n'est pas possible d'individualiser une espèce, une approche utilisée à l'Inra consiste à effectuer un séquençage en mélange de l'ensemble de l'ADN présent dans l'échantillon à analyser. Des génomes potentiellement pathogènes sont alors repérés par analogie de séquences puis on développe un test de diagnostic à partir de la séquence repérée pour isoler l'agent, physiquement cette fois. Il existe le même type d'approche pour les maladies animales et même humaines.

La modélisation, un outil incontournable

On ne sait pas encore prédire la propagation des maladies, mais on peut la comprendre *a posteriori* et évaluer l'efficacité des stratégies de lutte, grâce à la modélisation. Les modèles intègrent de nombreux paramètres tels que les mouvements des pathogènes et des hôtes, les facteurs climatiques et les actions de l'homme à des échelles de plus en plus grandes. Construits à partir des données de terrain disponibles, ils évaluent des scénarios impossibles à tester sur le terrain : des agencements de parcelles ou de variétés dans le domaine végétal, ou des stratégies d'abattage ou de vaccination dans le domaine animal.

››› *Lors de la pandémie de grippe H1N1 de 2009, les biomathématiciens de l'Inra de Jouy-en-Josas ont calculé par exemple que l'immunisation de 30% de la population humaine mondiale, via un vaccin efficace administré six mois après la détection des premiers malades, réduirait de 80% le nombre de cas dans le monde.*

© G. Duc



4 Objectif : protection intégrée

La conception de stratégies de gestion intégrée de la santé des plantes et des animaux est au cœur des orientations 2010-2020 de l'Inra.

Pour sécuriser les productions, la gestion de la santé animale et végétale a reposé, ces dernières décennies, essentiellement sur l'utilisation de pesticides pour les plantes, d'antibiotiques et antiparasitaires pour les animaux. Outre leur effet négatif sur l'environnement et la santé humaine, l'usage massif de ces molécules induit à terme l'apparition de résistances chez les pathogènes, obligeant à rechercher sans cesse de nouveaux principes actifs. C'est pourquoi on privilégie aujourd'hui une approche dite « intégrée » de la protection, qui ne cherche plus systématiquement à éradiquer, mais plutôt à maîtriser les maladies. La stratégie consiste à associer plusieurs méthodes de lutte, curatives, mais surtout préventives (développer la résistance de l'hôte et agir sur les conditions de culture et d'élevage). Cela suppose une bonne connaissance des maladies, une surveillance efficace des épidémies et une grande attention sur le terrain.



Un usage raisonné de la chimie

L'usage des traitements est raisonné pour tendre vers un équilibre qui préserve la santé des animaux et un niveau de dégâts acceptable dans les cultures, le tout sans effet négatif sur la santé humaine. Le premier niveau d'action consiste à affiner les doses et seuils d'intervention, à combiner des molécules à modes d'action différents et à alterner les applications dans l'espace et dans le temps.

››› **Dans le domaine végétal,** *il est nécessaire de jouer simultanément sur d'autres leviers, par exemple, les rotations, la taille des arbres, la gestion des résidus de récolte, le drainage, la lutte biologique, l'utilisation de variétés résistantes ou l'alternance des matières actives. D'où l'obligation d'innover au niveau des systèmes de culture dans leur globalité, et ce d'autant plus que le défi fixé par le Grenelle de l'Environnement est exigeant : réduire de 50% l'usage des pesticides si possible d'ici 2018. Des chercheurs de l'Inra de Versailles-Grignon ont élaboré un outil pour gérer cette complexité : DEXiPM* permet de comparer* a priori *différents systèmes de culture innovants avant de tester au champ le plus prometteur. Cet outil analyse de façon qualitative les performances sociales, économiques et environnementales de chacun des scénarios. Les conditions facilitant son adoption par les agriculteurs sont aussi identifiées.*

Dispositif de piégeage sexuel des insectes ravageurs de cultures.

* Outil conçu dans le cadre du réseau d'excellence européen Endure, coordonné par l'Inra : 10 pays européens, partenaires français : Cirad, Acta, Inra Transfert. www.endure-network.eu

››› **Pour les animaux,** *limiter le recours aux antibiotiques diminue le risque d'apparition de résistances pouvant en outre se transmettre aux bactéries pathogènes humaines. À Toulouse, les chercheurs disposent de modèles expérimentaux pour étudier l'efficacité des traitements antibiotiques en fonction de la charge bactérienne et de la précocité du traitement. Chez les rongeurs, les premiers résultats suggèrent qu'il est plus efficace de traiter tous les animaux dès l'apparition des premiers signes cliniques chez quelques individus, plutôt que de ne traiter que les animaux qui déclarent la maladie. Paradoxalement, les quantités d'antibiotiques utilisées sont moindres. Cette stratégie nécessite un système de dépistage précoce des animaux atteints. Concernant les parasites, une voie alternative de prévention consiste à ajouter des plantes à tanins dans le régime des animaux. Des études sont réalisées par l'Inra, à Toulouse sur le sainfoin et aux Antilles sur le manioc et le bananier pour protéger les moutons et les chèvres des nématodes parasites. Pour progresser dans cette voie, il faut caractériser le principe actif et son taux de présence dans la plante, variable selon le climat et les conditions de culture, de manière à garantir la reproductibilité de l'efficacité des « traitements ».*



Chèvre mangeant du sainfoin (plante à tanins)

Sélectionner des plantes et des animaux résistants

Les progrès réalisés dans la connaissance des génomes permettent d'accéder à des gènes de résistance aux agresseurs tant chez les plantes que chez les animaux, ce qui facilite la sélection des individus résistants. Les collections végétales de l'Inra, d'une grande richesse pour un grand nombre d'espèces, constituent des réservoirs de biodiversité pour trouver des résistances naturelles. Cependant, une fois ces résistances fixées dans les variétés végétales ou les races animales, il est important de savoir les gérer avec parcimonie, car les pathogènes à leur tour développent des stratégies pour les contourner. Il existe deux types principaux de résistance. La résistance dite « qualitative », à un seul gène, est plus facile à sélectionner mais aussi plus facile à contourner par l'agresseur. La résistance dite « quantitative », à plusieurs gènes, plus complexe à sélectionner, est plus difficile à contourner, mais présente parfois un niveau insuffisant du fait d'interactions génotypes/environnement. La stratégie consiste donc à combiner ces deux types de résistance.

››› **Les chercheurs de l'Inra de Rennes** ont montré au champ que la combinaison des deux types de résistances, qualitative et quantitative, dans une même variété de colza, accroît la durabilité de la résistance de la plante au phoma. Les populations de ce champignon, responsable de la nécrose du collet, sont capables de s'adapter très rapidement à la résistance qualitative utilisée seule. Les variétés de colza sélectionnées en France au milieu des années 90, qui portaient toutes le même gène de résistance, ont perdu leur efficacité en deux à cinq ans. De nouveaux schémas de sélection tenant compte des résultats obtenus à Rennes permettront d'accroître la durabilité de la résistance des cultivars de colza.


© Inra /M.-H. Balesdent - T. Rouxel

Racines de colza infectées par le phoma.

››› **En santé animale également**, il existe de beaux exemples de réussite, tels que la sélection de béliers résistants à la tremblante, ou encore la sélection de vaches et de brebis présentant une meilleure résistance aux mammites, à partir de l'étude des cellules somatiques (globules blancs) présentes dans le lait. La sélection de caprins résistants au parasitisme gastro-intestinal à partir de la mesure d'excrétion d'œufs dans les fèces est également efficace. Les chercheurs de l'Inra de Tours s'intéressent quant à eux aux animaux dits « porteurs sains », en particulier aux poules portant des salmonelles. Celles-ci, apparemment saines, ne peuvent en effet être repérées par les éleveurs et sont ainsi à l'origine de la très grande majorité des cas de transmission à l'homme. Le but des travaux est d'améliorer la capacité des animaux à éliminer ces bactéries. Des études de génomique ont montré que cette aptitude est en partie sous contrôle génétique, et qu'il est possible de sélectionner des animaux présentant un moindre risque de portage.


© Inra / Bertrand Nicolas

Stimuler les défenses naturelles

Le vaccin reste la principale parade contre les virus animaux, insensibles aux antibiotiques. Actuellement, à part en cas de crise, comme celle de la FCO, la vaccination n'est pas obligatoire. Une fois la maladie éradiquée (brucellose, fièvre aphteuse...), on arrête de vacciner. En effet, outre son coût, la vaccination présentait encore récemment l'inconvénient sanitaire et commercial d'induire une confusion entre les animaux vaccinés et les animaux infectés, les deux présentant des anticorps circulants. Cet inconvénient disparaît aujourd'hui avec le développement de tests plus précis pour distinguer les animaux infectés. Ces tests reconnaissent des anticorps dirigés contre les protéines « non structurales » du virus, différents de ceux qui sont induits par les vaccins, dirigés, eux, contre les protéines d'enveloppe.

››› **En matière d'innovation**, des recherches sont en cours pour développer des vaccins multivalents (communs à différents sérotypes) par exemple contre la FCO. Dans le cas particulier des poissons, une équipe de l'Inra de Jouy-en-Josas a conçu des vaccins à base de virus vivants, dont les facteurs de virulence ont été inactivés. Les nouveaux vaccins peuvent être mis directement dans l'eau, alors que les vaccins à base de virus tué, ADN, nu ou protéines recombinées, doivent être injectés.


© Inra / Didier Marie

››› Chez les plantes aussi, il existe une sorte de vaccination. A l'instar du système immunitaire des animaux, elles possèdent un ensemble de mécanismes de défense, qu'elles activent lorsqu'elles détectent certaines molécules émises par les agresseurs (appelées éliciteurs). L'arsenal mis en action n'est, en revanche, pas spécifique de l'agresseur. Il comprend entre autres le renforcement de la paroi, la réaction hypersensible (sacrifice des cellules touchées) et la production de molécules antimicrobiennes. Pour les chercheurs, l'enjeu est de décrypter les bases moléculaires et génétiques de ce dialogue hôte-pathogène. *In fine*, il s'agit de concevoir des traitements préventifs en choisissant les éliciteurs qui stimulent le plus efficacement les défenses naturelles. Les équipes des centres de Dijon, Sophia-Antipolis, Angers et Bordeaux explorent ces mécanismes chez des espèces modèles telles que le tabac, *Arabidopsis thaliana** ou *Medicago*** mais d'autres projets plus appliqués concernent une espèce de grand intérêt économique : la vigne. D'ores et déjà, ils ont pu montrer la pertinence de cette démarche dans la lutte contre les agents du mildiou et de la pourriture grise. Des essais au vignoble sont en cours pour déterminer les adjuvants qui permettent la meilleure pénétration de l'éliciteur dans la plante.


© Annie Buchwalter - Univ. Bourgogne

A droite : feuilles de vigne traitées par un stimulateur des défenses naturelles (SDN) puis inoculées par le mildiou. A gauche : témoins non traités.

* Petite plante de la famille des crucifères, proche du colza.
** Plante modèle de légumineuses.

››› Le vaccin en question ?

Une étude sociologique (Inra d'Ivry) analyse la crise de la FCO de 2006-2008, qui a durement touché les élevages ovins et bovins français et provoqué des blocages à la vente de jeunes bovins (broutards) de la France vers l'Italie. Elle étudie, notamment à travers des entretiens, la manière dont les acteurs de terrain ont perçu la gestion administrative et politique de cette crise.



Elle souligne en particulier l'apparition de divisions au sein des éleveurs qui affaiblissent l'action sanitaire collective : par exemple, des dissensions entre éleveurs exportateurs (broutards) et non exportateurs (surtout ovins) ou encore l'apparition nouvelle de comités anti-vaccination, en particulier en agriculture biologique. Cette mise en cause évoque celle exprimée lors de la vaccination, humaine cette fois, contre la grippe aviaire en 2010.

L'étude analyse aussi la revendication des éleveurs pour réaliser eux-mêmes la vaccination à la place des vétérinaires. La pénurie de vaccins, les désaccords sur le coût des opérations vaccinales et la course pour vacciner avant le réveil estival du moucheron transmettant la FCO, ont alimenté la controverse. L'arbitrage politique a tranché en faveur des vétérinaires mais l'étude montre que cette controverse a fait émerger un besoin de rééquilibrage entre ces deux métiers, qui a trouvé une conclusion politique avec la tenue des Etats généraux du Sanitaire en 2010 : l'acte vétérinaire a été réexaminé de telle sorte que les éleveurs pourront à l'avenir effectuer directement certains soins, y compris certaines vaccinations.

››› EXEMPLES D'APPROCHES INTÉGRÉES

››› Du gène au verger : protéger le pommier de la tavelure

Pour le pommier, les chercheurs de l'Inra d'Angers-Nantes et d'Avignon se rapprochent des objectifs du Grenelle de l'Environnement… A savoir qu'ils parviennent, dans certaines conditions expérimentales, à réduire les traitements fongicides contre la tavelure de près de la moitié par an. La tavelure, provoquée par un champignon, peut causer en l'absence de traitement jusqu'à 100% de perte dans les régions touchées. En effet, les fruits tavelés sont tachés et déformés et ne peuvent pas être commercialisés en catégorie 1.

Les systèmes de culture mis au point à l'Inra, applicables aussi bien en agriculture conventionnelle qu'en agriculture biologique, associent des pratiques culturales (taille des arbres, élimination des feuilles tombées qui sont sources de la maladie à l'intersaison) avec la plantation en mélange de variétés peu sensibles et de variétés résistantes. D'autre part, de nouvelles variétés combinant différents facteurs de résistances (qualitative et quantitative) sont en cours de sélection. Des modèles mathématiques permettent de déployer ces différentes variétés dans les bassins de production de manière à retarder l'adaptation des pathogènes.

Les chercheurs essaient actuellement d'identifier les gènes impliqués dans l'interaction hôte-pathogène. Pour cela, ils cherchent à caractériser les gènes qui ont évolué conjointement chez les deux organismes depuis la domestication du pommier en Asie il y a environ 5 000 ans. La disponibilité très récente des séquences complètes des génomes des deux partenaires* permet maintenant d'envisager la comparaison globale des génomes actuels du champignon d'une part, du pommier d'autre part, avec ceux de leurs ancêtres respectifs, que l'on trouve encore au Kazakhstan et en Chine occidentale.


© Inra / Jean-Marc Oliver

Tavelure sur pomme.


© Inra / François Laurens

La pomme Ariane, résistante aux races communes de tavelure, créée à l'Inra d'Angers.

››› Protéger le colza de son principal agresseur : le phoma

Le phoma du colza peut être maîtrisé en combinant différentes méthodes de contrôle, comme l'utilisation de variétés résistantes, la lutte chimique, l'enfouissement des résidus de récolte porteurs de l'inoculum*, ou le choix de la date de semis.

Pour évaluer l'impact sur le pathogène de ces différentes combinaisons, des chercheurs de l'Inra de Versailles-Grignon ont conçu et élaboré, en concertation avec les acteurs du secteur agricole, un modèle informatique, appelé Sippom-Wosr**. C'est le premier outil qui permet d'estimer l'évolution quantitative et qualitative des populations pathogènes, les dommages et les rendements associés, en fonction du système de culture choisi.

L'intérêt de l'outil est également de tester différentes répartitions de ces systèmes de cultures à l'échelle régionale et pour une période pluri-annuelle. Les scénarios simulés à l'échelle de la région font émerger des solutions ou des problématiques qu'un raisonnement à l'échelle de la parcelle ne permettait pas d'entrevoir.


© Inra / Patrick Delhotal

Lésions de *Phoma lingam* sur feuille de colza évoluant vers des nécroses au centre vide.

* Réservoir de formes pathogènes, apte à provoquer une infection dans un hôte donné.

** Simulator for Integrated Pathogen Population Management, for Winter Oil-Seed Rape. Partenaires : Cetiom, agriculteurs, coopératives, semenciers.

››› Petits ruminants : des parasites sous contrôle

Des recherches de l'Inra de Toulouse et des Antilles-Guyane visent le contrôle intégré des parasites gastro-intestinaux dans les élevages de petits ruminants. Ces vers peuvent causer la perte de plus de la moitié de la production, viande ou lait.

L'usage répété des médicaments antiparasitaires (les anthelminthiques) sur l'ensemble des animaux a débouché sur l'émergence de souches de parasites résistantes à une, puis deux familles d'anthelminthiques. Pour limiter le risque, réel, de voir cette résistance se généraliser à tous les traitements, des solutions alternatives s'imposent, alliant trois stratégies complémentaires.

D'abord, il s'agit de renforcer les défenses des ruminants, par la sélection d'animaux résistants aux vers, une alimentation suffisante (en particulier en protéines), et l'utilisation de plantes médicinales ou de fourrages à propriétés antiparasitaires.


© Inra / Antilles-Guyane

Cabris au pâturage

Ensuite, on cherche à diminuer le risque de ré-infestation. Pour cela, le pâturage tournant est aménagé afin d'éviter le pic des larves infestantes dans l'herbe ou encore, on associe ovins et bovins, ou caprins et bovins, qui ne sont pas sensibles aux mêmes parasites.

Enfin, les traitements sont limités aux animaux incapables de résister, que l'on repère par des contrôles réguliers. Cela permet de garder une forte proportion de parasites sensibles aux médicaments sans pour autant augmenter le nombre d'animaux malades.

Conclusion

Si on considère la variété des agresseurs et des agressés, ainsi que la diversité des systèmes de culture et d'élevage, on peut parler d'un véritable « écosystème » de la santé. L'ambition de l'Inra est de comprendre et d'analyser cet écosystème, de manière à proposer des solutions innovantes en matière de gestion intégrée de la santé des plantes et des animaux. Pour cela, l'Institut associe des scientifiques de plusieurs disciplines -de la biologie aux sciences sociales- qui conçoivent en commun les recherches à conduire.

Référence : Les maladies émergentes - Epidémiologie chez le végétal, l'animal et l'homme. **Jacques Barnouin, Ivan Sache, Marion Guillou** (préface), décembre 2010, 444 p.



- **Site événementiel du SIA 2011 :** www.inra.fr/sante_animaux_plantes
- **Vidéos et documents de la rencontre « Bioagresseurs en forêt » :** www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/rencontres/sia_2011/bioagresseurs_en_foret



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147 rue de l'Université • 75338 Paris Cedex 07

Dossier réalisé à l'occasion du Salon international de l'agriculture (19-27 février 2011).
Directrice de la publication : Marion Guillou. **Directeur éditorial :** Jean-François Launay. **Directeur de la rédaction :** Antoine Besse. **Garants scientifiques :** Olivier Le Gall et Thierry Pineau. **Coordination :** Nicole Ladet et Pascale Mollier. **Rédaction :** Brigitte Cauvin, Géraud Chabriat, Julie Cheriguene, Nicole Ladet, Patricia Léveillé, Pascale Mollier, Magali Sarazin. **Photothèque :** Jean-Marie Bossennec, Julien Lanson, Christophe Maître. **Maquette :** Patricia Perrot. **Impression :** Imprimerie Groupe Graphic Trappes. Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement.

Renseignements et abonnement : inramagazine@paris.inra.fr

IMPRIM'VERT

ISSN : 1958-3923



À PARIS

L'Inra fait salon !

La santé des plantes et des animaux, tel était le thème présenté cette année par l'Inra au Salon de l'Agriculture. Plus de cent chercheurs, ingénieurs et techniciens de plusieurs centres* se sont relayé sur le stand pendant dix jours pour présenter leurs recherches au public.

Le 48e salon international de l'agriculture : 678 732 visiteurs, mille exposants, vingt-deux pays représentés, dix jours et un stand de l'Inra. Ce dernier, blanc et vert avec des touches de néons, fourmille comme chaque année de rencontres, de questions très diverses, d'expériences multiples, de visites éclairs ou de discussions soutenues. Un contact direct entre les chercheurs et le public aussi intense que nécessaire. Les visiteurs se pressent autour des paillasses de démonstration. Cette mère de famille vient tous les ans avec ses enfants pour s'informer : « *c'est un des rares stands où on ne nous vend rien, mais où l'on nous explique les choses...* ».
Le thème de la santé des plantes et des animaux interpelle, attire et, parfois, inquiète.
Certains visiteurs ont des questions très concrètes à poser. Comme cet homme d'une cinquantaine d'années, curieux d'identifier le petit insecte qu'il a capturé dans sa cuisine. Hélas ! Avec plus de quatre millions d'espèces d'insectes présentes dans le monde, sauf cas banal, la détermination est difficile à faire sur un coin de paillasse...
A l'atelier de la lutte biologique, un couple de retraités cherchant l'identité du ravageur de leur récolte de poireaux a plus de chance. Après description des symptômes, la chercheuse les oriente vers une mineuse ou une teigne et vérifie sur Internet. Les pupes rouges des chrysalides fichées dans le blanc du poireau sont en effet caractéristiques de la mineuse... un filet

* Toulouse, Jouy-en-Josas, Sophia-Antipolis, Angers-Nantes, Dijon, Rennes, Bordeaux

préventif pour protéger les légumes s'impose ! Le couple a trouvé là une piste prometteuse et repart satisfait. « *Parmi les visiteurs, il y a aussi des professionnels, qui attendent beaucoup de nous, surtout depuis que les nématicides ont été interdits en 2005*, explique Pierre Abad, directeur de l'unité « Interactions biotiques en santé végétale » à Sophia-Antipolis, et spécialiste des nématodes à galle. « *Les gens que j'ai vus sont curieux et ils ont une bonne perception de la recherche, poursuit-il. Beaucoup rendent hommage aux chercheurs passionnés et désintéressés...* ».

S'il est difficile pour les chercheurs de s'extraire du laboratoire, car le travail est exigeant, tous reconnaissent *a posteriori* les bénéfices de cette expérience qui leur semble même parfois trop courte. Pour présenter leurs recherches, ils jouent la carte de la pédagogie en s'appuyant sur toutes sortes de supports : jeux, simulations, quiz, etc. « *Ces activités sont des entrées en matière qui permettent de présenter des recherches complexes qui associent la génétique, la microbiologie, la toxicologie et les tests en champ*, rapporte Francis Fleurat-Lessard, venu de l'unité bordelaise Mycologie et sécurité des aliments. *Mais j'ai rôdé des raccourcis de vulgarisation !* ». Et le chercheur enchaîne avec les moyens de lutte contre ces toxines : « *il s'agit de stimuler les défenses naturelles de la plante, pour limiter les pesticides, dans le sens des engagements gouvernementaux du plan Ecophyto 2018. Le public*



Les enfants endossent les tenues des laboratoires protégés et manient microscopes et pipettes.



Nathalie Kosciusko-Morizet essaie le prototype de smartphone qui permet de faire des identifications de pathogènes de plantes. Les officiels passent aussi sur le stand...

Le SIA, un enjeu de communication

La moitié des 250 m² du stand était consacrée cette année à l'accueil du grand public, avec une disposition favorisant la circulation des visiteurs et les attirant vers l'intérieur des ateliers. Suprême raffinement : des paillasses en forme de molécules ramifiées pour faciliter les échanges.



Le reste de la surface abritait un espace de conférence où ont été organisées des rencontres à destination des professionnels. Dix rencontres* se sont tenues cette année, réunissant à chaque fois une cinquantaine de représentants des pouvoirs publics et des organisations professionnelles, associatives, d'enseignement et de recherche.
Enfin, un colloque intitulé « L'agriculture productrice et utilisatrice de biens publics » a rassemblé plus de deux cent acteurs agricoles et partenaires de l'Inra.

* Rencontres organisées sur le stand : Élevages laitiers, territoires de l'Ouest de la France et prairies - Le travail en agriculture - Innovations dans les filières et performances environnementales - La gestion durable des agro-écosystèmes - La sécurité alimentaire mondiale - PICIég : la protection intégrée en cultures légumières - Bioagresseurs en forêt : évolutions, risques, solutions - Chimie du végétal : le pouvoir des plantes - Limiter les émissions de GES en agriculture - Haute performance économique et environnementale en outre-mer. (voir la retransmission de ces rencontres sur le site Inra : www.inra.fr/audiovisuel/web_tv/rencontres/sia_2011)



Philippe Jacquiet et Alain Bousquet-Mélou présentent leurs recherches sur les pathogènes animaux et sur les moyens de s'en protéger.



Penchée sur sa maquette, Elisabeth Tabone explique les stratégies de lutte biologique à l'échelle d'un paysage comportant plusieurs types de cultures.



La direction des ressources humaines assure une permanence pour renseigner les nombreux demandeurs sur les carrières de l'Inra.



Un Quiz reprend l'ensemble des thèmes du stand.

est très sensible à cette question. Mon rôle est aussi de rassurer, complète le chercheur, tout en précisant à son interlocuteur que la dangerosité des mycotoxines concerne moins l'homme que l'animal dont le régime quotidien peut être contaminé.

Pour Alain Bousquet-Mélou, qui travaille à Toulouse sur les résistances aux antibiotiques dans les élevages : « *nos échanges avec les visiteurs sont l'occasion de conforter l'utilité sociale de nos recherches* ». Il a rencontré sur le stand plusieurs éleveurs témoignant de leurs difficultés économiques et de leur mal-être. « *C'est aussi le moment où l'on peut déconstruire quelques idées reçues, je m'en suis aperçu en étant là !* ». Un exemple de question qui est souvent revenue sur son stand : la viande est-elle « bourrée d'antibiotiques » ? Cela donne l'occasion aux chercheurs vétérinaires de Toulouse d'exposer sur une maquette le trajet des antibiotiques dans l'organisme : ils sont éliminés le plus souvent en quelques jours et de toute façon, il est interdit d'abattre les animaux avant un délai assurant que les résidus soient à un niveau assez bas.

Pour Anne-Marie Le Bastard, de la Mission communication de l'Inra, qui a organisé le stand : « *l'enjeu de communication est double, externe bien sûr, mais aussi interne : les scientifiques ne se connaissaient pas pour la plupart, c'est pour eux l'occasion d'échanger sur leurs thématiques respectives, sur leurs pratiques, etc. Ils apprécient aussi le contact facilité avec les membres de la direction de l'Inra, qui se rendent disponibles pour dialoguer. Cette année, nous avons reçu des scientifiques de dix unités différentes venant de sept centres.* Et de conclure : *le SIA est le plus gros évènement public pour l'Inra en termes d'affluence et de représentation des chercheurs* ». ●

Pascale Mollier, Magali Sarazin,
avec la participation des étudiants de l'Institut Français de Presse (IFP), Université Panthéon-Assas.
Reportage photos : Christophe Maître et Christian Slagmulder

+d'infos
voir le site de l'évènement : www.inra.fr/sante_animaux_plantes/sia_2011/reportages



Pour des poissons économes en eau

Au sein de la pisciculture expérimentale de Sizun, l'Inra a construit un prototype de bassins d'élevage de truites très économe en eau. L'installation pilote, opérationnelle depuis l'été 2010, étudie un système de recirculation de l'eau à 90% permettant une croissance normale des poissons et une maîtrise des rejets polluants.





80 m³ d'eau en circuit presque fermé

Le pilote est constitué de dix bassins d'élevage autonomes, alimentés avec une eau recirculée à 90%. Chaque bassin dispose de sa propre alimentation en eau régénérée, et d'un décanteur situé à sa sortie pour récupérer les déchets les plus grossiers. Les déchets de taille moyenne, supérieurs à soixante microns, sont retenus par un filtre mécanique situé en aval du pilote. Enfin, le traitement de l'eau est complété, juste avant son retour vers les bassins, par le passage dans deux cuves d'épuration biologique et par un dispositif d'oxygénation. Les effluents, concentrés, sont dirigés vers la station d'épuration du domaine. Environ 250 kg de poisson sont hébergés dans un bassin, ce qui correspond à des milliers de truitelles (photo) ou une centaine de grandes truites. Une expérimentation récente avait, par exemple, pour objectif de comparer les performances de reproduction de deux lots de 160 géniteurs de 1,5 kg dans le prototype et en circuit ouvert classique.

Une attention de tous les instants

Les alarmes sonnent… rupture d'alimentation électrique sur la pisciculture. Le jeune ingénieur Matthieu Gaumé n'a que quelques minutes pour intervenir afin que le pilote continue à fonctionner sans défaillance majeure. En phase de mise au point, il faut perfectionner quotidiennement le système « eau-animal-aliment-déchets ».





Traquer en continu la pollution

Dans les cuves d'épuration biologique, ces anneaux en plastique brassés par un flux d'air servent de support aux bactéries qui traitent l'ammoniaque rejeté par les poissons. Ces deux cuves, montées en série, prennent place sur le circuit avant le poste d'oxygénation. L'épuration biologique est l'un des dispositifs permettant que l'eau restituée aux bassins soit d'une qualité requise pour la croissance normale des poissons.



Des truites bien élevées

Laurent Labbé, le directeur de l'unité expérimentale, maintient une truite pendant que Jérôme Bugeon, chercheur à l'Inra de Rennes, mesure son état d'engraissement. Les données enregistrées sur chaque grande truite anesthésiée (taille, poids, teneur en gras de la chair…) serviront aux chercheurs à évaluer la vitesse de croissance du poisson en fonction du type d'aliment, de sa quantité et de la rythmicité de sa distribution. Les études se prolongent en laboratoire, à partir d'échantillons de tissus des poissons. Il s'agit alors d'analyser la proportion de muscle ou de gras en fonction de régimes alimentaires, ou la vitesse de croissance de différentes lignées.
« *Ce pilote est un superbe outil,* dit Laurent Labbé. *Nous allons mesurer l'incidence de ce système d'élevage innovant sur la santé et le bien-être des salmonidés, la qualité de leur chair, les grandes fonctions physiologiques… mais aussi son impact environnemental* ».

La pisciculture expérimentale

L'élevage économe en eau s'inscrit dans le cadre général des expérimentations menées dans la pisciculture des Monts d'Arrée (Sizun, Finistère) par plusieurs équipes de recherche de l'Inra. Y sont étudiés des salmonidés et en tout premier lieu la truite arc-en-ciel, principale espèce de poisson d'élevage d'eau douce en France. Les thèmes de recherche sont interdisciplinaires : nutrition, génétique, physiologie de la croissance ou de la reproduction, adaptation au milieu. Voici trois exemples : comment nourrir les poissons en incluant dans leur ration alimentaire des protéines végétales à la place des protéines animales fournies aujourd'hui par des poissons de mer ? Quels sont les facteurs biologiques de l'adaptation du poisson aux conditions de milieu ? Quels mécanismes contrôlent la construction des muscles et des dépôts adipeux ?
Des partenaires académiques ou professionnels sont associés aux travaux de recherche. Le pilote a en outre bénéficié d'aides financières des collectivités territoriales.



Dans l'un des bâtiments de la pisciculture, un atelier de tri des œufs.

Brigitte Cauvin
Reportage photo : Christophe Maître

+d'infos
www.rennes.inra.fr
www.inra.fr/les_recherches/exemples_de_recherche/pisciculture_econome_en_eau

La recherche au féminin


© William Beaucardet

L'Inra recrute désormais autant de femmes chercheurs que d'hommes. Une inéluctable progression qui devrait conduire les femmes d'ici peu aux mêmes fonctions et responsabilités que leurs confrères. Même si des obstacles sociologiques persistent.

Doit-on dire chercheuses ou chercheures ? Une chose est certaine : à l'Inra leur nombre rattrape celui des chercheurs. « *La pyramide des âges se rééquilibre progressivement pour les femmes alors qu'en 2005, on observait encore un net déficit de chercheuses de plus de 50 ans*, annonce Thierry Boujard, adjoint au directeur des ressources humaines, enchanté de cette nouvelle dynamique. A l'Inra, le taux de femmes parmi les chercheurs est ainsi passé de 31 % en 1998 à 43 % en 2009. En 2001, le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche créait une mission pour la parité (1) car le métier de chercheur a longtemps été confisqué par les hommes. Au fil du temps, ce métier s'est davantage féminisé dans le secteur public par rapport au secteur privé, sans pour autant avoir été accompagné de mesures de discrimination positive. « *Nous avons toujours veillé au bon déroulement des concours de recrutements*, explique Thierry Boujard, *et suivons attentivement nos indicateurs* ».

Evolutions encourageantes

« *Le vivier de chargées de recherche de 1ère classe susceptibles de postuler au corps supérieur de directeur de recherche (DR) dépasse légèrement le vivier masculin.* » Toutes les chances sont donc théoriquement du côté des femmes pour devenir DR, cap essentiel dans une carrière scientifique pour se voir confier d'importantes responsabilités comme la direction d'une unité ou d'un département scientifique. De fait, la proportion de DR parmi les femmes progresse continûment : 6 % en 1989, 11 % en 1999 et 26 % en 2009. Cependant, les femmes sont légèrement moins nombreuses que les hommes à se présenter au concours interne de DR.

Pas tout à fait égales

« *C'est un bémol* » reconnaît Thierry Boujard, qui dressait le même constat cinq années plus tôt. Alors, à qui la faute ? Les sociologues parlent de « plafond de verre » pour désigner tous les facteurs non visibles et informels qui peuvent ralentir la carrière d'une femme. « *Les indices d'existence d'un tel plafond de verre ne sont pas vérifiés à l'Inra notamment parce que les femmes qui se présentent aux différents concours affichent le même taux de réussite que leurs homologues masculins. Les raisons sont à rechercher à l'extérieur de l'Inra : elles sont culturelles ou sociologiques...* ». Il est vrai qu'à cette période-là de leur vie elles ont souvent la charge de jeunes enfants, donc peu de disponibilité et sont moins mobiles. S'autocensurent-elles ? Auraient-elles moins d'ambition ? Parmi les hypothèses envisagées, les chercheurs qui ont exploré la question se demandent si ce n'est pas bien plus tôt, lors de la scolarisation, que des rôles et des comportements différents sont attribués à chacun des sexes.

Magali Sarazin

Témoignage d'une précurseur(se)

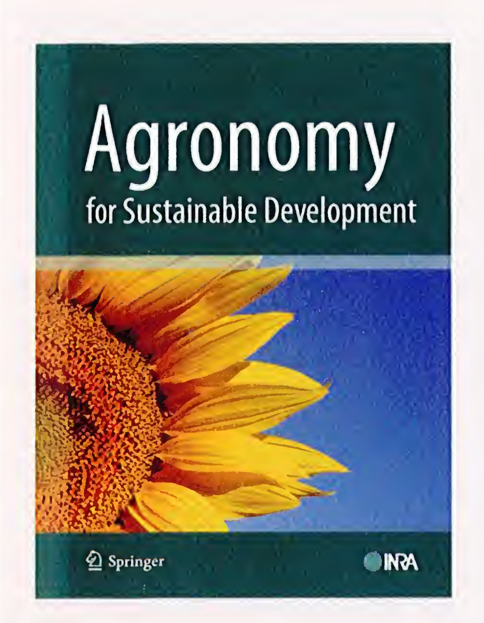
Première femme nommée directeur scientifique à l'Inra en 1982, Suzanne Mériaux a exercé cette fonction jusqu'à sa retraite en 1985. Mais quand elle a intégré l'Inra en 1947 « *il n'y avait vraiment pas beaucoup de femmes* ». Au cours de sa carrière, être femme a plusieurs fois joué en sa défaveur : contrainte de se présenter cinq fois de suite au concours de maître de recherches, elle s'est aussi entendue dire « *qu'elle pouvait bien attendre l'année suivante pour être reçue [au concours de directeur de recherche] car en tant que femme mariée, son mari pouvait subvenir à ses besoins* ». Cela va ensuite constituer un atout au moment où en 1982 « *la gauche au pouvoir favorise une certaine promotion de la femme* ». Jacques Poly, président directeur de l'Inra, lui confie alors la direction du secteur « Milieu physique ».

Son portrait : www.inra.fr/60ans/une_aventure_humaine/suzanne_meriaux
Son témoignage intégral : www.inra.fr/archorales/t2meriaux.pdf

(1) Mission de la parité et de la lutte contre les discriminations dans l'enseignement supérieur et la recherche (MIPADI).

+d'infos

contacts : martine.dubois@paris.inra.fr, correspondante parité
thierry.boujard@paris.inra.fr, adjoint au DRH



Agronomy for Sustainable Development, une revue en plein essor

La revue internationale Agronomy for Sustainable Development (ASD), éditée par l'Inra, vient de battre un record de citations en sciences agronomiques. Eric Lichtfouse, éditeur en chef, et Marjolaine Hamelin, assistante éditoriale, nous éclairent ici sur les contenus et la notoriété de la revue.

Qu'est-ce qu'ASD ?

C'est une revue scientifique trimestrielle spécialisée dans l'agronomie durable, couvrant des thématiques aussi variées que l'adaptation des cultures aux changements climatiques, les biopesticides, l'agroécologie et les sciences sociales. Elle publie chaque année une soixantaine d'articles de recherche et de synthèses en anglais. Comme tout journal à comité de lecture, les articles sont évalués par les meilleurs spécialistes des domaines couverts. La revue est sélective : le taux de rejet des articles est actuellement de 80 %.

Pourquoi en parler aujourd'hui ?

Le monde de l'édition scientifique vient d'entrer dans une phase de mutation inédite. L'accès libre, les archives ouvertes, les blogs scientifiques, les réseaux sociaux, la communication par vidéo avec YouTube, les alertes de Twitter et les smartphones sont autant de nouveaux outils qui modifient en profondeur la communication scientifique. Dans un contexte de surabondance d'information et de demande -par les chercheurs- d'un accès immédiat et universel à la science, les enjeux majeurs pour les revues scientifiques sont la visibilité internationale et l'excellence mesurée par les facteurs d'impact. La revue ASD a enregistré la plus forte croissance du nombre de citations en sciences agronomiques au premier semestre 2010 avec 260 articles cités 884 fois, ascension mise à l'honneur dans la revue ScienceWatch* en novembre 2010.

Avez-vous été surpris de ce succès ?

C'est l'aboutissement de nos efforts de rénovation de la revue depuis 2005 afin d'améliorer sa qualité et sa réponse aux enjeux agricoles actuels. Nous sommes très heureux de voir que l'augmentation de l'exigence dans la sélection des articles, l'introduction de nouvelles thématiques adaptées à l'agriculture durable et les appels à articles de synthèse, entre autres modifications, ont porté leurs fruits.

Quel est le rôle d'ASD dans le contexte agronomique actuel ?

L'agriculture durable est devenue une thématique essentielle, car elle touche toutes les problématiques actuelles de la société et couvre de nombreuses disciplines. ASD a probablement été la première revue à intégrer les sciences économiques et sociales à l'agronomie classique, et le regard croisé qu'elle offre sur les enjeux agricoles en fait une publication de premier ordre. Depuis 2010, elle figure en 17e position parmi les 61 revues agronomiques internationales.

Propos recueillis par Brigitte Cauvin

* ScienceWatch est le magazine de l'agence Thomson Reuters (ex ISI) qui sélectionne les revues scientifiques, mesure le nombre de citations de leurs articles et attribue les facteurs d'impact.

+d'infos

ASD, comme les revues Apidologie, Annals of Forest Science et Dairy Science and Technology, est publiée depuis peu par les éditions Springer (communiqué du 7 février 2011 : www.inra.fr/presse/springer_partenaire_des_publications_de_l_inra).
Site Internet de ASD : www.springer.com/13593

contact :
Eric.Lichtfouse@dijon.inra.fr

en bref

L'écologie des autres
L'anthropologie et la question de la nature

Philippe Descola

L'anthropologie n'échappe pas au partage entre nature et culture. Philippe Descola, anthropologue, se libère du dualisme pour proposer une écologie des relations entre humains et non humains.
Ce livre poursuit la réflexion et les débats entre déterminismes naturels et déterminismes culturels.

Éditions Quæ, collection Sciences en questions, février 2011, 112 p., 8,50 € (5,95 € en pdf)

Muscle et viande de ruminant

Dominique Bauchart, Brigitte Picard, coord.

Trente-neuf auteurs rassemblent dans cet ouvrage la science et les techniques de la production de viande de ruminant. S'appuyant sur des articles référencés, ils permettent de découvrir les systèmes de production, le muscle, l'élaboration de la qualité des viandes, l'impact des techniques de traitement, la viande dans la santé du consommateur. Ce livre est destiné aux enseignants et aux professionnels de la filière ou du commerce.

Éditions Quæ, collection Synthèses, novembre 2010, 304 p., 30 €, (21 € en pdf)

Géographie des interfaces
Une nouvelle vision des territoires

Corinne Lampin-Maillet, Sandra Pérez, Jean-Paul Ferrier, Paul Allard, coord.

Dans ce livre, des chercheurs du CNRS nous invitent à découvrir de nouveaux objets d'études géographiques : les interfaces, ces lieux particuliers de mise en contact d'espaces et d'usages de natures différentes. Les interfaces, par exemple ville-fleuve ou ville-forêt-incendie, sont souvent à l'avant-garde de crises, de tensions et de ruptures. La connaissance de leur fonctionnement intéressera des chercheurs, des enseignants ainsi que des urbanistes et des aménageurs.

Éditions Quæ, collection Update Sciences & Technologies, octobre 2010, 168 p., 28 € (10,60 € en pdf)



BONNES BACTÉRIES ET BONNE SANTÉ
Gérard Corthier

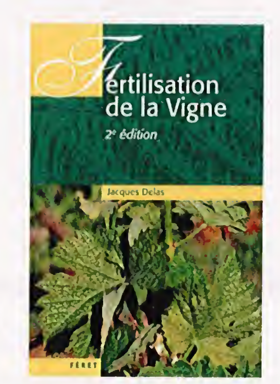
EDITIONS QUAE, COLLECTION CARNETS DE SCIENCES, FÉVRIER 2011, 128 P., 19 € (13,30 € en pdf)

Ce livre porte sur les bactéries hébergées dans nos intestins, 100 milliards dans un gramme de selles humaines. Sans ce monde intérieur appelé microbiote (« petit vivant »), pas de gargouillis ou de gaz malodorants ! Pourtant, pourrions-nous vivre sans ces communautés microbiennes qui nous habitent ? Ont-elles un « dialogue » avec notre organisme et avec les microbes que nous ingérons ? Participent-elles à notre système immunitaire ? Si l'on ajoute des bactéries à notre alimentation, ont-elles un effet positif sur notre santé ? Les réponses vous sont proposées dans ce recueil concocté par des scientifiques spécialistes du domaine, de manière très illustrée et facile d'accès.

FERTILISATION DE LA VIGNE
Contribution à une viticulture durable (2e édition)

Jacques Delas

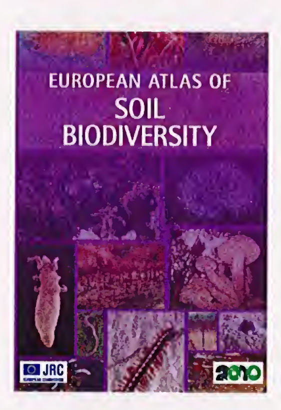
EDITIONS FÉRET, COLLECTION LES USUELS FÉRET DE LA VIGNE ET DU VIN, JANVIER 2011, 166 P., 39,90 €



Ce livre actualise les meilleures connaissances du moment sur la fertilisation de la vigne, dans un contexte changeant pour la culture viticole dont les pratiques évoluent. Dans cette deuxième édition revue et modifiée, Jean Delas, directeur de recherche honoraire à l'Inra, donne les bases d'une fertilisation mieux raisonnée avec la perspective d'une viticulture durable : besoins de la vigne, rôle des éléments minéraux, connaissance du sol, matières fertilisantes, pratiques de fertilisation, carences et toxicités. Il s'agit de maintenir la vigne sur les meilleurs terroirs pour contribuer à la production de vins de qualité.

ATLAS EUROPÉEN DE LA BIODIVERSITÉ DES SOLS
European Atlas of Soil Biodiversity

SEPTEMBRE 2010, 128 P., ouvrage en anglais, 25 €



Le premier atlas européen de la biodiversité des sols est issu d'un programme de recherche sur la vie dans le sol, sa richesse et ses hétérogénéités, selon les pays, les climats ou les usages. A l'aide de photographies, de cartes et de textes, il constitue un ouvrage de référence pour les chercheurs et les enseignants.
Cependant, les non spécialistes ou les décideurs de l'aménagement du territoire y trouveront un regard sur la diversité de ce monde souterrain, en partie microscopique, dont les fonctions sont essentielles mais parfois peu visibles. Une partie de l'atlas est sous forme encyclopédique avec une entrée taxonomique. Soixante-et-un spécialistes ont participé à son élaboration, dont des chercheurs de l'Inra de Dijon.
Cette publication participe à la compréhension de la biologie des sols, de leur fragilité ainsi que des menaces qui pèsent sur eux.

http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/biodiversity_atlas
communiqué Inra :
www.inra.fr/toute_l_actu/vient_de_paraitre/atlas_europeen_de_la_biodiversite_des_sols

■ Le système alimentaire mondial
Concepts et méthodes, analyses et dynamiques
Jean-Louis Rastoin, Gérard Ghersi

L'ouvrage a un double objectif d'éclairage pédagogique et d'aide à la décision, sur les multiples aspects du système alimentaire mondial : théories, méthodes, concepts fondateurs et récents, analyses empiriques et historiques. Ce traité est fondé sur la théorie originale du système alimentaire, branche de l'économie agricole développée depuis une trentaine d'années. Il intéresse le monde universitaire.

Éditions Quæ, collection Synthèses, novembre 2010, 590 p., 45 € (31,50 € en pdf)

■ Ils ont domestiqué plantes et animaux
Prélude à la civilisation
Jean Guillaume

Où et quand l'Homme a-t-il commencé à cultiver des plantes, à domestiquer les animaux ? Comment est-il passé de la sélection en champ aux modifications génétiques en laboratoire. Voici un ouvrage qui retrace l'histoire des nourritures, du néolithique au XXIe siècle. Des exemples nombreux et documentés permettent de parcourir la chronologie des découvertes depuis que l'homme ne vit plus de la simple prédation dans la nature.

Éditions Quæ, janvier 2011, 464 p., 42 € (29,40 € en pdf)

■ La truite arc-en-ciel
De la biologie à l'élevage
Bernard Jalabert et Alexis Fostier, coord.

La truite « arc-en-ciel » est le principal poisson élevé en France. Lointaine cousine de la truite sauvage européenne, elle appartient à l'espèce la plus étudiée par les biologistes. Ce livre, auquel ont collaboré une cinquantaine d'auteurs, constitue une synthèse inédite des connaissances scientifiques et de leurs applications en aquaculture : génétique, alimentation, croissance, reproduction, gestion des populations.

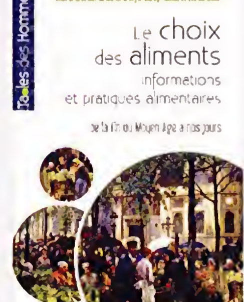
Éditions Quæ, collection Synthèses, décembre 2010, 324 p., 35 € (24,50 € en pdf)

éditions Quæ

www.quae.com

c/o
Inra - RD 10 -
F-78026
Versailles
Cedex

■ LE CHOIX DES ALIMENTS
Informations et pratiques alimentaires
De la fin du Moyen Âge à nos jours
Sous la direction de Martin Bruegel, Marilyn Nicoud et Eva Barlösius
PRESSES UNIVERSITAIRES FRANÇOIS-RABELAIS ET PRESSES UNIVERSITAIRES DE RENNES, COLLECTION « TABLES DES HOMMES », JANVIER 2011, 264 P.,18 € (Réseau des Universités Ouest Atlantique : www.pur-editions.fr)

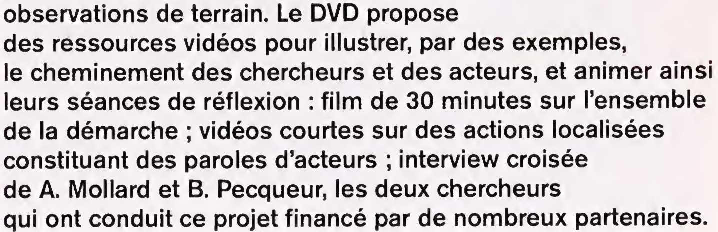


Vitrines, enseignes, réclames, recettes et modes… rien n'est simple en matière de pratiques alimentaires, hier pas plus qu'aujourd'hui. Ce recueil nous livre, en forme de repères et questions, les recherches de 14 auteurs appartenant à des mondes scientifiques divers : histoire, sociologie, nutrition, langage ou gastronomie. On y saute du vin à l'ananas, en passant par la naturalité ou l'éducation nutritionnelle. A consommer sans modération par un public s'interrogeant sur l'histoire de l'alimentation.

■ LE PANIER DE BIENS ET DE SERVICES
Un nouveau regard sur le développement des territoires - Applications en Rhône-Alpes
Amédée Mollard et Bernard Pecqueur
Plus d'informations : sur le site de « Pour et Sur le Developpement Régional » (PSDR) : www.psdr-ra.fr/-Panier-de-Biens-et-de-services, 85-.html



Le coffret DVD-CDRom explicite une méthode d'investigation destinée aux acteurs d'un territoire donné pour les aider à construire leur réflexion, jusqu'à la conception d'actions concrètes de développement. Elaboré sur des applications situées en Rhône-Alpes, cet outil permet d'évaluer le potentiel de produits et de services, locaux et de qualité, pouvant être valorisés conjointement.
Le CD contient des outils techniques et les références méthodologiques pouvant appuyer les analyses et les observations de terrain. Le DVD propose des ressources vidéos pour illustrer, par des exemples, le cheminement des chercheurs et des acteurs, et animer ainsi leurs séances de réflexion : film de 30 minutes sur l'ensemble de la démarche ; vidéos courtes sur des actions localisées constituant des paroles d'acteurs ; interview croisée de A. Mollard et B. Pecqueur, les deux chercheurs qui ont conduit ce projet financé par de nombreux partenaires.





Séverine Gojard

Le métier de mère

LA DISPUTE

■ LE MÉTIER DE MÈRE
Séverine Gojard
EDITIONS LA DISPUTE, COLLECTION « CORPS SANTÉ SOCIÉTÉ », SEPTEMBRE 2010, 228 P., 21 €

Séverine Gojard est chercheur au laboratoire Alimentation et sciences sociales de l'Inra-Ivry. Elle livre ici la synthèse d'un travail d'enquêtes de terrain effectué avec des professionnels de la petite enfance. Sont successivement analysés, les rapports des mères aux prescripteurs : la famille, les spécialistes, les livres ; puis, l'évolution des pratiques de la famille au fur et à mesure des naissances ; enfin, la relation des mères aux indications qui leur sont données selon leurs conditions de vie. L'ouvrage se termine par un regard sur les enquêtées et une solide bibliographie.

REGARD

Nul n'est censé ignorer la science


© Assemblée nationale 2011

Jean-Yves Le Déaut (1), député de Meurthe-et-Moselle, est vice-président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPECST). Il nous présente le fonctionnement de cette structure peu connue du grand public qui tisse pourtant un lien fort entre les mondes politique et scientifique.

Quel est le rôle de l'OPECST ?
Jean-Yves Le Déaut : L'Office est composé de dix-huit députés et dix-huit sénateurs. Sa mission principale est d'informer le Parlement sur les conséquences des choix politiques concernant des grandes questions d'ordre scientifique et technique. Le but est d'éclairer au mieux ses décisions sur les nombreux sujets susceptibles d'être traités qui peuvent aller de la gestion des déchets nucléaires aux OGM en passant par la bioéthique ou les dangers potentiels des antennes-relais. Des aspects plus larges peuvent aussi être abordés comme la question de l'innovation face aux peurs et aux risques, un rapport que nous avons lancé récemment et qui compte d'ailleurs Marion Guillou dans son comité de pilotage. Pour accomplir son rôle d'expertise collective, l'OPECST recueille des informations, lance des programmes d'études et effectue des évaluations. L'Office est également assisté dans la conduite de ses travaux par un comité scientifique composé d'experts de haut niveau choisis par les parlementaires pour couvrir un maximum de sujets. Contrairement à notre équivalent européen, le STOA (2), qui sous-traite ses études à des consultants, le travail de l'Office est purement parlementaire. C'est le rapporteur qui endosse la responsabilité politique de ses choix, conclusions et recommandations.

Comment est venue l'idée de sa création ?
J.-Y. L.D. : Au début des années 80, plusieurs débats sont apparus sur des sujets complexes comme les lois d'orientations nucléaires, spatiales ou le plan « câble ». Le Parlement s'est aperçu, à cette occasion, qu'il n'avait pas la capacité d'évaluer en toute indépendance les décisions du gouvernement sur les grandes inflexions des poli-

tiques scientifiques et techniques. Il fallait rééquilibrer les pouvoirs en la matière, le Parlement s'est donc doté de son propre outil d'expertise et d'évaluation avec la création de l'OPECST en 1983. Presque trente après, la qualité des rapports de l'Office est reconnue de tous, politiques comme scientifiques, y compris à l'étranger. Ses avis et recommandations transcendent souvent les clivages politiques.

De quelle manière les sujets parviennent-ils jusqu'à l'Office ?

J.-Y. L.D. : Il existe plusieurs modes de saisine. Une étude peut être commandée par le bureau d'une des deux assemblées, un président de groupe politique, une commission spéciale ou permanente mais aussi à la demande de 60 députés ou 40 sénateurs. En revanche, l'OPECST ne peut se saisir lui-même d'un sujet. Mais, de mémoire, je n'ai pas le souvenir d'un sujet auquel nous aurions pensé qui n'ait pas trouvé son chemin jusqu'à nous par l'un des moyens précédents. Une autre manière de saisir l'OPECST, qui témoigne d'ailleurs de sa légitimité, consiste à inscrire son intervention dans la loi. Plusieurs lois prévoient en effet que l'Office évalue leur application au bout d'une certaine durée après leur promulgation. Dans d'autres cas, il s'agit de faire un bilan de l'avancement des recherches dans un domaine donné pour proposer éventuellement une évolution. Cela a été le cas de la loi sur la bioéthique de 2004. En plus d'une évaluation de son application, elle prévoyait, avant 2009, un rapport de l'Office sur l'avancement des recherches concernant les cellules souches embryonnaires et adultes pour décider de l'autorisation ou non du clonage thérapeutique.

Quels rapports l'OPECST entretient-il avec l'Inra ?

J.-Y. L.D. : Ils sont nombreux et réguliers. Les thématiques abordées par l'Inra sont souvent en lien étroit avec les préoccupations de la société et appellent des choix politiques importants. La qualité de l'alimentation, l'équilibre des territoires, la place des biocarburants ou la prévention de l'obésité en sont des exemples. Nous sommes donc souvent amenés à croiser les chercheurs de l'Institut que ce soit dans les comités de pilotages, en tant qu'experts auditionnés, ou lors de nos visites de laboratoires, comme ce fut le cas à Versailles-Grignon le 6 octobre dernier. Les expertises collectives scientifiques menées par l'Inra sont très importantes dans notre démarche. Elles font partie des éléments que nous tentons de synthétiser dans nos rapports aux côtés des opinions de la société civile. Elles nous permettent aussi d'identifier plus facilement les experts à auditionner sur nos interrogations particulières. Les chercheurs de l'Inra participent aussi à un partenariat original que nous avons initié en 2004 avec l'Académie des sciences pour rapprocher les mondes politique et scientifique. Nous formons des trinômes composés d'un jeune chercheur, d'un membre de l'Académie des sciences et d'un parlementaire. Les scientifiques passent une journée et demie au parlement pour se former au travail parlementaire. Les parlementaires passent ensuite une journée au laboratoire et expliquent le quotidien de leur métier. Enfin, les chercheurs se rendent dans la circonscription de l'élu et un débriefing a lieu à l'Académie des sciences. Cette initiative est un véritable succès, les relations personnelles ainsi nouées vont souvent bien au-delà de la durée de l'expérience.

En plus du lien créé entre mondes politique et scientifique, l'OPECST s'ouvre aussi aux citoyens ?

J.-Y. L.D. : On peut dire que nous avons beaucoup fait évoluer les pratiques du parlement en ce sens. L'OPECST a été à l'origine de la première audition publique à l'Assemblée nationale. Le commandant Cousteau était alors entendu sur la question de l'Antarctique. Lors des débats sur l'utilisation des OGM dans l'agriculture et l'alimentation, en 1998, nous avons créé une conférence de citoyens et tenu compte de leur avis dans notre rapport. D'autre part, nous avons aussi développé des forums interactifs où chacun peut s'exprimer et nous diffusons des notes de « 4 pages » accessibles à tous. Certains sujets font peur, il faut être capable de les discuter avec le public préalablement au travail législatif. Des questions comme celle des OGM ont souffert de l'absence de lois fondatrices prenant en compte toute leur complexité. De mon côté, après avoir étudié la question en tant que rapporteur, j'étais favorable à des études au cas par cas au lieu de les vouer en bloc aux gémonies. Nos rapports sont l'illustration que réfléchir « à froid » sur un sujet à partir d'un débat contradictoire et rationnel permet d'aller au-delà des *a priori* puisque nous-mêmes, parlementaires, sommes amenés à faire évoluer nos positions. Il faut donc favoriser l'accès à l'information par tous les moyens. Nous tentons aussi d'aller plus loin dans notre manière de recueillir les opinions de la société civile. Lors du futur rapport sur l'innovation à l'épreuve des peurs et des risques, nous allons, par exemple, organiser un dialogue intergénérationnel entre des lycéens de première, des étudiants en master 2, des experts et des politiques, un lycée français à Singapour sera aussi sollicité. Nous voulons tenter de comprendre comment l'école prépare à la société de l'innovation, récompense la créativité et l'inventivité. Ce sera un élément du rapport final qui devra cerner les conditions nécessaires pour que l'innovation ait un rôle moteur dans la société moderne. ●

Propos recueillis par Géraud Chabriat

(1) www.assemblee-nationale.fr/13/tribun/fiches_id/1871.asp
(2) Science and technology option assessment.

+d'infos

▸ **web :**
Les études en cours à l'OPECST :
www.assemblee-nationale.fr/opecst/ba.asp

AGENDA

Ciag : Carrefours de l'innovation agronomique

5 avril
RENNES

Protéines laitières, aspects nutritionnels et fonctionnels, de la préparation à l'utilisation
Ce second Ciag du pilier « Alimentation » fait suite à celui qui a eu lieu le 9 novembre à Dijon sur le thème « Les lipides : enjeux sensoriels et nutritionnels ». Il est organisé par l'Inra en partenariat avec le Cniel et le pôle de compétitivité Valorial.

9 juin
TOULOUSE

Tournesol et agriculture durable
Il est organisé par l'Inra, le Cetiom et l'INP-Ensat.
WWW.inra.fr/ciag

18/20 mai
PRAGUE

Première conférence scientifique internationale : santé et qualités d'une alimentation biologique
Cette conférence sur les recherches en alimentation biologique est organisée sous les auspices du ministère de l'Agriculture de la République tchèque, avec la participation de l'Inra.
WWW.fqh2011.org

20 mai
MONTPELLIER

Jardiner autrement : stratégies environnementales au jardin
XIIIe Colloque scientifique de la Société nationale d'horticulture de France (SNHF), avec la participation de l'Inra. Ses thèmes : Jardiner autrement, considérer le jardin comme un véritable écosystème, donner un nouveau sens à l'horticulture, produire des services agro-environnementaux...
WWW.snhf.org/manifestations/detail/881.html

24/26 mai
GERONA, ESPAGNE

Pigments végétaux et santé humaine
Ce workshop, organisé par l'EPSO (European Plant Science Organisation) présentera les dernières avancées de la science sur les pigments végétaux et leurs bénéfices potentiels pour la santé humaine.
WWW.epsoweb.org/workshop-plant-pigments-and-human-health

6/11 juin
AVIGNON

MEDPINE 4 : IVe Conférence internationale sur les pins méditerranéens
MEDPINE 4 est organisé par l'Inra d'Avignon et vise à rassembler les chercheurs de toutes disciplines étudiant les pins du pourtour méditerranéen (Pin d'Alep, Pin brutia, Pin pignon, Pin maritime et Pin noir), mais aussi des autres régions du monde à bio-climat méditerranéen (Afrique du sud, Austalie Occidentale, Chili, Californie).
https://colloque.inra.fr/medpine4

20/23 juin
ANTIBES

IIe Congrès international sur les insectes entomophages
Ce congrès sur les insectes parasitoïdes et prédateurs d'autres insectes est organisé par un chercheur de l'unité mixte de recherche Interactions biotiques en santé végétale (Inra, CNRS, Université Nice-Sophia Antipolis), centre Inra PACA.
https://colloque.inra.fr/entomophagousinsects

IIe Semaine Forestière Méditerranéenne - Evènement international

5 au 8 avril 2011 - Palais des Papes - Avignon (France)



L'année 2011 est l'année internationale des forêts. A cette occasion, la Deuxième Semaine Forestière Méditerranéenne réunit décideurs, chercheurs et gestionnaires forestiers de l'ensemble du Bassin méditerranéen.

Durant cette semaine, les différents réseaux d'acteurs traiteront en concertation des nouveaux défis posés aux forêts méditerranéennes, en particulier : Eau et Forêts en Région méditerranéenne ; Forêts, Sociétés et Territoires. Tous les acteurs se rassembleront lors d'un séminaire scientifique **« Biodiversité des Ecosystèmes Forestiers Méditerranéens : changer le paradigme de la conservation »**. Seront également fêtés le 100e anniversaire du réseau FAO Silva Mediterranea et la signature par de nouveaux partenaires du Partenariat de Collaboration sur les Forêts Méditerranéennes.

www.efimed.efi.int/portal/1475

Co-organisateurs et partenaires financiers : EFIMED, FAO, MAAPRAT, Inra, Association de sylviculteurs de l'arc méditerranéen (ARCMED), Centre Tecnologic Forestal de Catalunya (CTFC), Réseau Méditerranéen des Forêts Modèles (MMFN), Association des communes forestières COFOR International, Association Internationale Forêts Méditerranéennes (AIFM), Union de sylviculteurs du Sud de l'Europe (USSE), Région PACA, Conseil Général du Vaucluse, DRAF PACA, GTZ, Ministerio de Ciencia y Innovacion (MICINN).